



## Käyttötoimenpideohjeet Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sähköasemille

Juha Martikainen

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Haluan esittää kiitokseni Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle ja koko henkilökunnalle, että sain tehdä opinnäytetyöni heille. Erityisesti haluan kiittää Tapani Moisiomäkeä, joka ohjasi työni Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n puolelta sekä Jaakko Ettoa Kemi-Tornio ammattikorkeakoulusta. Kiitokset ansaitsevat myös Ari Keränen ja Lauri Luonuansuu, jotka tarkastivat ohjeita käytönnössä sähköasemilla sekä opastivat minua sähköasemien salaiseen maailmaan. Lisäksi haluan kiittää myös puolisoani, joka uskollisesti tarkasti tekemiäni töitä ja jaksoi valvoa kanssani yön hiljaisina tunteina, kun kirjoitin ohjeita ja opinnäytetyötäni.

Oulussa 19.8.2013

Juha Martikainen

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Juha Martikainen
Opinnäytetyön nimi:	Käyttötoimenpideohjeet Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sähköasemille
Sivuja (joista liitesivuja):	59 (7)
Päiväys:	19.8.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	Jaakko Etto, DI Tapani Moisiomäki, Siirtoverkkomestari
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle sisäiseen käyttöön käyttötoimenpideohjeet 12 sähköasemalle. Aihe oli ajankohtainen, koska aikaisempia käyttötoimenpideohjeita ei ollut olemassa ja sähköasemilla työskentelee vakinaisen henkilökunnan lisäksi myös esimerkiksi urakointitehtäviä suorittavia henkilöitä.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin myös sähköasemilla käytössä olevien komponenttien, esimerkiksi katkaisijoiden ja kiskojärjestelmien, rakenteita sekä sitä, miten sähköasema rakentuu näistä komponenteista. Lisäksi käsitellään myös sähköverkkojen käytönsuunnittelua ja käyttötoimenpiteisiin liittyviä turvallisuusmääräyksiä.</p> <p>Opinnäytetyön keskeisin osa oli tehdä käyttötoimenpideohjeet Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sähköasemille. Ohjeet tehtiin kaikkiaan 12 sähköasemalle, yhteensä 254 sivua. Ohjeet on tarkoitettu Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyössä esitellään lisäksi eri sähköasemaratkaisuja ja niiden keskeiset laitteet. Oulun Siirto ja Energialla Oy:llä on käytössään erilaisia kiskostoja, kojeistoja ja ohjaustapoja.</p> <p>Kirjalliset ohjeet on laadittu sähköasemakohtaisesti ja työvaiheittain selkeiksi. Toimenpideohjeet on havainnollistettu valokuvin. Ohjeiden toimivuus tarkistettiin käytännössä ja niitä päivitetään tulevaisuudessa sähköasemien ja sähköverkon muutoksien yhteydessä.</p>	
Asiasanat: keskijänniteverkko, sähköasemat, sähkönjakeluverkko, sähkölaitokset.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Education

Degree programme:	Electric power technology
Author:	Juha Martikainen
Thesis title:	The use of operational guidelines for Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy primary substations
Pages (of which appendixes):	59 (7)
Date:	19 August 2013
Thesis instructors:	Jaakko Etto, MSc (El.eng) Tapani Moisio, Technician
<p>The purpose of this study was to compile internal operational guidelines for Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy in the use of their 12 substations. The topic was current, because previous operational guidelines did not exist and in addition to the permanent staff, there are also other employees working at the substations on a piecework contract.</p> <p>The thesis also deals with the structures of the components, such as circuit breakers and busbar systems, used at the substations, and presents how a substation is set up of these components. In addition, the thesis also deals with the use and design of the electricity distribution network and the safety regulations related to its operations.</p> <p>The main part of the thesis was to compile operational guidelines for the power stations of Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy. The instructions were compiled for altogether 12 power stations, a total of 254 pages. The instructions are intended for internal use at Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy. The thesis also presents other substation solutions and the equipment required. Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy has a variety of busbar systems, switchgear and control methods in its disposal.</p> <p>The written instructions have been prepared explicitly for each substation and each work stage at a time. The procedure guidelines are illustrated with photographs. The functionality of the guidelines was revised in practice, and the guidelines will be updated in the future as changes in substations and electricity distribution network take place.</p>	
<p>Keywords: medium-voltage network, primary substation, electricity distribution network.</p>	

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 PROJEKTIN KOHDE .....	9
2.1 Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy .....	9
2.2 Sähköasemat .....	11
3 SÄHKÖASEMAKOMPONENTIT .....	12
3.1 Katkaisijat .....	12
3.1.1 Vähäöljykatkaisija .....	12
3.1.2 SF <sub>6</sub> -katkaisija .....	13
3.1.3 Tyhjiökatkaisija .....	14
3.2 Erottimet .....	15
3.3 Kiskojärjestelmät .....	17
3.3.1 Yksikiskojärjestelmä .....	17
3.3.2 Kisko-apukiskojärjestelmä .....	17
3.3.3 Kaksoiskiskojärjestelmä .....	18
3.3.4 Kaksikatkaisijajärjestelmä eli duplex .....	19
3.4 Suojareletyypit .....	20
3.5 Päämuuntaja .....	21
3.6 Sähköaseman rakenne .....	24
3.7 Kaukokäyttöjärjestelmä .....	27
4 KYTKENTÄTEHTÄVÄT .....	29
4.1 Turvallisuusmääräykset .....	29
4.2 Käytönsuunnittelu .....	32
5 KÄYTTÖTOIMENPITEET SÄHKÖASEMILLA .....	35
5.1 Hakomäki .....	35
5.2 Kaakkuri .....	37
5.3 Kiiminki .....	38
5.4 Kuivasjärvi .....	39
5.5 Limingantulli .....	40

5.6	Merikoski .....	42
5.7	Oulunsuu .....	44
5.8	Pateniemi.....	46
5.9	Posa .....	47
5.10	Toppila .....	47
5.11	Vanhatulli.....	48
5.12	Yläsiirtola.....	49
6	YHTEENVETO.....	50

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DMS	Distribution Management System, Käytöntukijärjestelmä
GIS	Gas Insulated Switchgear, SF <sub>6</sub> -eristeinen kytkinlaitos
kj	keskijännite
KTJ	käytöntukijärjestelmä
KTMp	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
OESJ	Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy
OT	ohjaustaulu
PM	päämuuntaja
SF <sub>6</sub>	rikkiheksafluoridi, suojakaasu

## 1 JOHDANTO

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy vastaa sähkönjakelusta alueellaan ja on osa Oulun Energia konsernia. Oulun Energian historia juontaa juurensa vuoteen 1889, jolloin kaupunginvaltuuston kokouksessa käytiin keskustelua sähkövalaistuslaitoksen perustamisesta. Valon juhla koitti 8.12.1889, sillä silloin syttyivät ensimmäiset sähköllä toimivat lamput ja tuona päivänä katsotaan Oulun kaupungin Sähkölaitoksen toiminnan alkaneen. Yhtenä suurimpana käännekohtana voitaneen pitää päätöstä rakentaa vesivoimalaitos Merikoskeen ja tämä päätös on osoittautunut onnistuneeksi, sillä onhan voimalaitos jauhanut sähköä jo 65 vuotta. (Oulun Energian www-sivut 2013, hakupäivä 06.04.2013)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle sisäiseen käyttöön käyttötoimenpideohjeet kaikille sähköasemille, koska ennestään oli olemassa puutteellinen ohje vain yhdelle sähköasemalle. Opinnäytetyössä esitellään tyypilliset käytössä olevat sähköasemarakenteet ja keskeiset komponentit. Lisäksi käsitellään myös sähköverkkojen käytönsuunnittelua ja käyttötoimenpiteisiin liittyviä turvallisuusmääräyksiä.

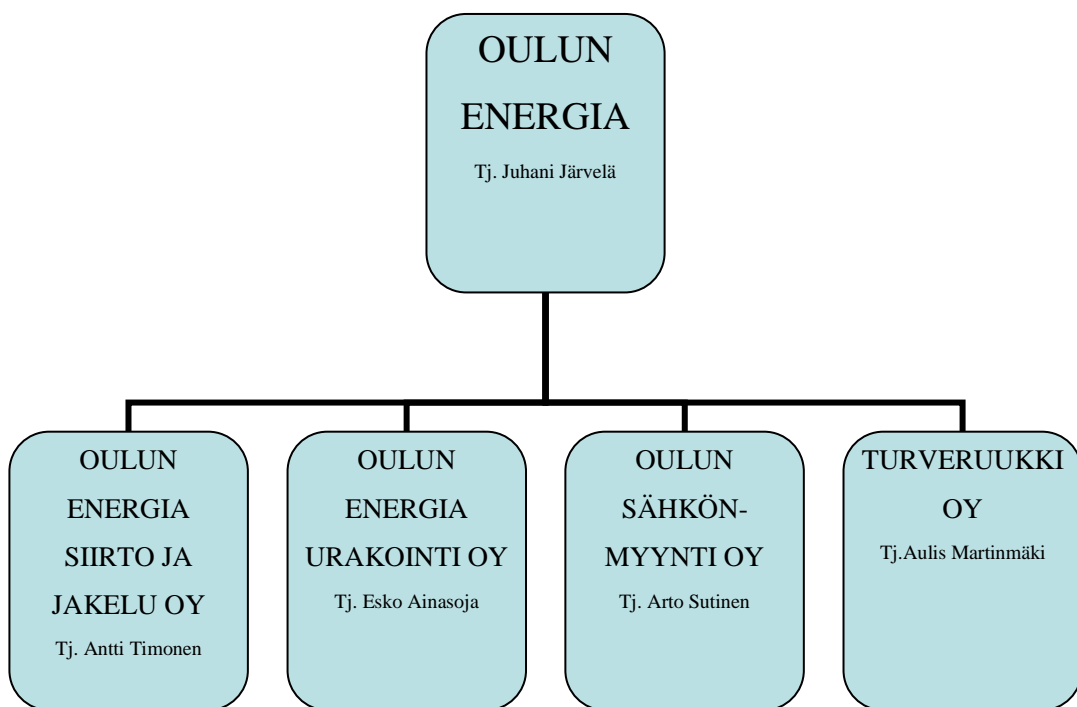
Sähköasemien käyttötoimenpideohjeet oli tarpeen, sillä sähköasemilla työskentelee vakinaisen henkilökunnan lisäksi esimerkiksi urakointitehtäviä suorittavia henkilöitä. Koska sähköasemilla on käytössä erilaisia kiskostoratkaisuja, kojeistoja ja ohjaustapoja, ovat ohjeet tarpeen myös vakinaiselle henkilökunnalle. Sähköasemilla käytössä olevat käyttötoimenpideohjeet on varustettu selventävillä valokuvilla ohjeineen ja lisäksi ohjeet ovat käytettävissä myös käyttökeskuksessa.



## 2 PROJEKTIN KOHDE

### 2.1 Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy on osa Oulun Energia konsernia (kuvio 1), johon kuuluvat myös Oulun Energia Urakointi Oy ja Turveruukki Oy sekä lisäksi Oulun Energia on osakkaana Oulun Sähkönmyynti Oy:ssä muiden kunnallisten sähköyhtiöiden kanssa. (Oulun Energian www-sivut 2013, hakupäivä 06.04.2013)



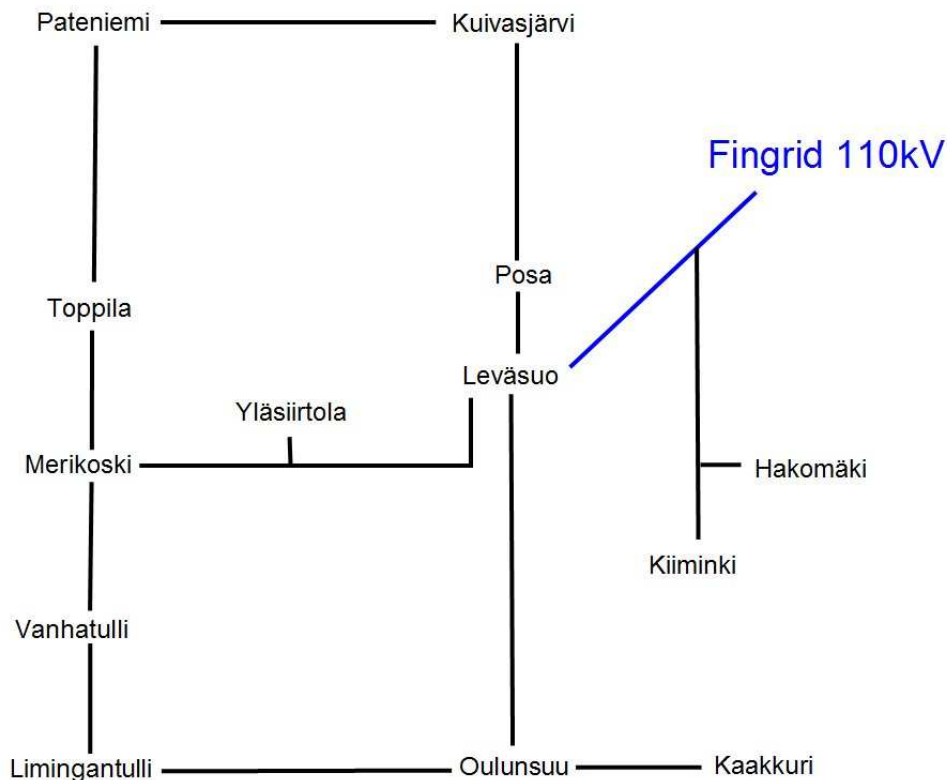
Kuvio 1 Oulun Energia Konsernin rakenne (Oulun Energian www-sivut 2013, hakupäivä 06.04.2013)

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy hallinnoi jakeluverkkoa Oulun ja Kiimingin alueilla. Vuoden 2013 alussa myös Yli-Iin Sähkö Oy liitettiin Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:öön. Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy huolehtii asiakkaiden sähkönmittauksista ja sähkökaupan mittaustietojen käsittelystä sekä tarjoaa sähkön laatumittauksia. Jakeluverkko koostuu alueverkosta, sähköasemista, keskijänniteverkosta ja jakelumuuntajista sekä pienjänniteverkosta (taulukko 1).

Taulukko 1 Sähkönjakeluverkko (Oulun Energia vuosikatsaus 2012)

		Maakaapelia
Alueverkko 110 kV	49 km	8 %
Keskijänniteverkko 10 kV/ 20 kV	838 km	65 %
Pienjänniteverkko 0,4 kV	2645 km	86 %
Jakelumuuntamoita	1168 kpl	
Sähköasemia	13 kpl	

Alueverkko, 110 kV (kuvio 2), on Oulun osalta rengasverkko, jota käytetään kahtena renkaana kytkettynä kahdeksikon muotoon. Renkaat voidaan yhdistää yhdeksi renkaaksi avaamalla katkaisija joko Merikosken sähköasemalla tai Fingridin Leväsuon sähköasemalla. Lisäksi verkko koostuu kantaverkko- ja voimalaitosliittynnöistä. Fingrid Oyj:n kantaverkkoon liityntä tapahtuu Leväsuon sähköasemalla kolmella johtolähdöllä ja varayhteydellä Kaakkurin sähköasemalla. Kiimingin ja Hakomäen 110 kV syöttö tapahtuu pistona Fingridin Leväsuo-Maalismaa linjasta haarautuen Nurmijärvellä OESJ:n omaksi 110 kV linjaksi.



Kuvio 2 Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n alueverkko

## 2.2 Sähköasemat

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:llä on Oulun ja Kiimingin alueella 12 sähköasemaa, näistä 110/10 kV asemia on neljä (Limingantulli, Vanhatulli, Merikoski ja Toppila) ja 110/20 kV asemia kahdeksan (Kaakkuri, Oulunsuu, Posa, Yläsiirtola, Pateniemi, Kuivasjärvi, Hakomäki ja Kiiminki). Merikosken sähköasema sijaitsee Merikosken voimalaitoksen alueella ja niillä on yhteinen 110 kV:n kytkinkenttä sekä sähköaseman 10 kV:n kiskostot ja generaattorikiskot sijaitsevat samassa kytkinhallissa. Merikosken erikoisuus on se, että generaattorit voivat syöttää suoraan sähköasemaa, sillä generaattorijännite on 10 kV. Vanhatullin sähköasemalla, joka sijaitsee aivan kaupungin keskustassa, on käytössä 110 kV:n GIS-kojeisto. Perinteisen 110 kV:n kytkinkentän (kuva 1) rakentaminen olisi ollut jo aikoinaan mahdotonta ja tänä päivänä lähimmät asuinkerrostalot ovatkin jo parinkymmenen metrin päässä sähköasemarakennuksesta. Muut sähköasemat ovatkin sitten ns. perinteisiä 110 kV:n ulkokentällä varustettuja asemia, joissa kj-kojeisto on sijoitettu joko paikoilleen rakennettuun rakennukseen tai sähköasema on koottu valmiiksi tehtaalla valmistajan toimesta ja tuotu kahdessa osassa sähköasema-alueelle, jossa osat on yhdistetty toisiinsa.



Kuva 1 Kaakkurin sähköaseman 110 kV kytkinkenttä

### 3 SÄHKÖASEMAKOMPONENTIT

#### 3.1 Katkaisijat

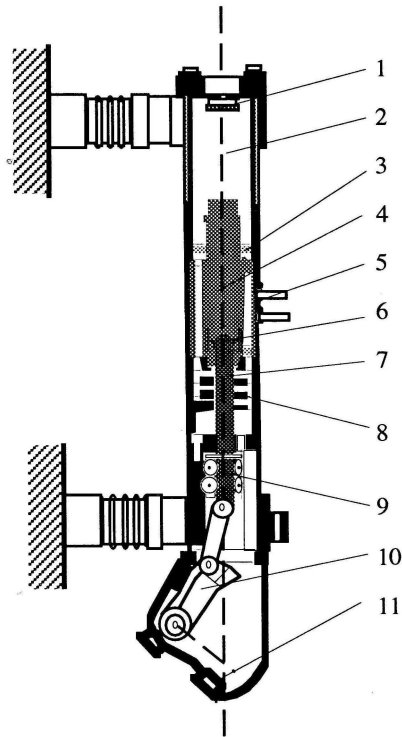
Virtapiiriin avaamiseen ja sulkemiseen käytetään kojeita, joita kutsutaan katkaisijoiksi. Katkaisijat voivat toimia joko automaattisesti tai käsin ohjattuna. Yleisin automaattinen toiminto on maasulun tai ylivirran vaikutuksesta johtuva avautuminen. Katkaisijalle avautumiskäskyn antaa suojarele, joka on kytketty virtapiiriin mittamuuntajien avulla. Vastaavasti sulkeutuminenkin voi olla automaattista. (Elovaara & Haarla 2011,162-163)

Katkaisija kykenee rikkoontumatta avaamaan ja sulkemaan oikosulkupiiriin. Oikosulkupiiri on sellainen piiri, missä virta on moninkertainen katkaisijan mitoitusvirtaan verrattuna. Kytkimellä tällaista ominaisuutta ei ole, vaan kytkin voi katkaista vain mitoitusvirtansa. (Elovaara & Haarla 2011,163)

##### 3.1.1 Vähäöljykatkaisija

Aiemmin käytössä olleissa öljykatkaisijoissa ongelmana oli öljyn suuri määrä. Vähäöljykatkaisijoissa on vähemmän öljyä kuin öljykatkaisijoissa ja niistä on jäänyt jäljelle ainoastaan sammutuskammio, joka on vähäöljykatkaisijassa erillinen jokaiselle vaiheelle. Valokaaren sammutus perustuu katkaisutapahtumassa syntyneen höyrystyvän öljyn kehittämään paineeseen ja siitä seuraavaan öljyn virtaukseen. Öljyn höyrystyessä se sitoo lämpöä ja samalla valokaari jäähtyy. Eristyslujuutta kosketuskärkien välillä voidaan kasvattaa nopeasti suuntaamalla öljysuihku ohjainlevyjen avulla valokaarta kohti. (Aura & Tonteri 1993, 276-277)

Kuvassa (kuvio 3) on esitetty keskijännitteellä käytettävän vähäöljykatkaisijan rakenne ja osat. Jousimekanismiin varastoitu energia siirretään mekaanisten vipujen välityksellä katkaisupilariin. Jousimekanismi voidaan virittää joko käsin tai sähkömoottorilla. Mekaaninen vipu siirtää liukuvaa kosketinta (osa 7) nopeasti pois päin kiinteästä koskettimesta (osa 6). Koskettimien erkaantuessa toisistaan syttyy valokaari, joka aikaan saa paineen nousun paisuntatilassa (osa 2) ja tämän seurauksena öljy virtaa suuttimien (osa 8) kautta sammuttaen valokaaren. (Aura & Tonteri 1993, 276-277)



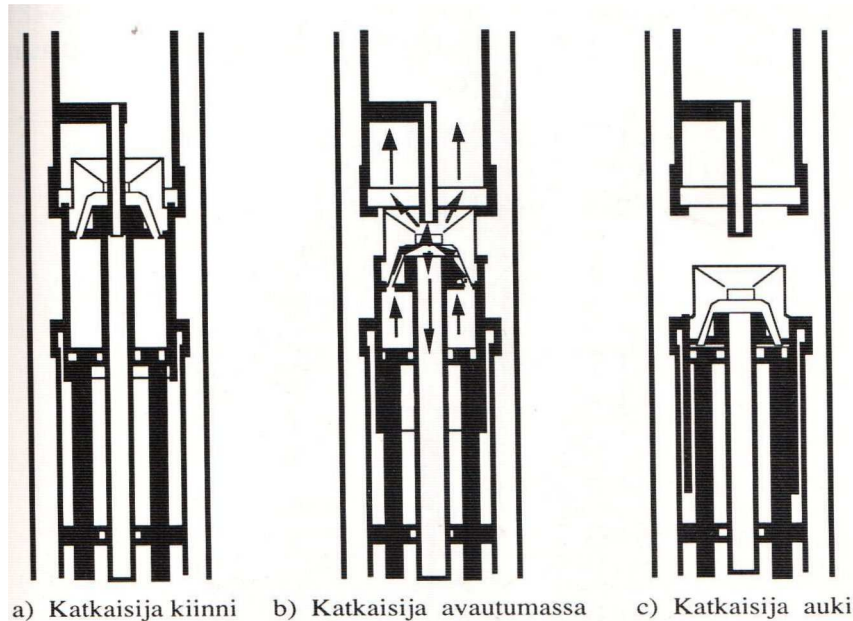
Kuvio 3 Vähäöljykatkaisijan yhden vaiheen rakenne (Aura&Tonteri 1993, 277)

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. Ylipaineventiili        | 2. Paisuntatila                          |
| 3. Öljy                    | 4. Kiinteiden kosketinten kiinnitysrunko |
| 5. Ylempi kosketinliitântä | 6. Kiinteät koskettimet                  |
| 7. Liikkuva kosketin       | 8. Öljynvirtausta ohjaavat suuttimet     |
| 9. Rullakoskettimet        | 10. Käyttömekanismi                      |
| 11. Öljyntyhjennystulppa   |  |

### 3.1.2 SF<sub>6</sub>-katkaisija

SF<sub>6</sub>-katkaisijassa (kuvio 4) hermeettisesti tiivis kammio on täytetty rikkiheksafluoridi-kaasulla, jossa kaasunpaine lämpötilassa +20 °C on 0,5 MPa. Melkein samanlainen moottorijousiohjain kuin vähäöljykatkaisijassa aikaan saa liikkeen kammion katkaisukoskettimissa. Aukiohjauseste vapautuu katkaisijan laukaisussa ja laukaisujouseen kytketty tanko vetää pufferisylinterin alas. Sylinterin liikkuaessa pääkoskettimet erkanevat ja virta siirtyy valokaarikoskettimille, joiden avautuessa valokaari syttyy ja tästä johtuen SF<sub>6</sub>-kaasun paine on noussut sylinterissä. Alkutilanteessa kaasun virtaus on estetty valokaarikanavaan ylävalokaarikoskettimella. Valokaari estää kaasunvirtauksen siihen saakka, kunnes suutin on laskeutunut tarpeeksi ja tämän seurauksena paine kaasusylinterissä nousee lisää. Virran lähestyessä nollakohtaa kaasu pääsee

virtaamaan voimakkaammin valokaareen. Kaasun virratessa edestakaisin valokaari-kanavassa pitkin valokaarta, jäähdytysvaikutus tehostuu. Valokaari muuttuu jäähtymisen ansiosta eristeeksi ja virta katkeaa. (Aura & Tonteri 1993, 278-280)

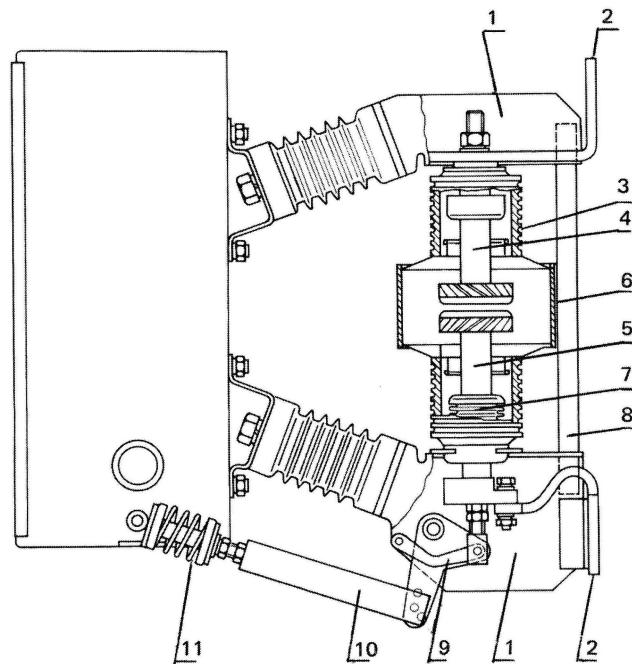


Kuvio 4 SF<sub>6</sub>-katkaisijan sammutuskammioiden rakenne ja toimintavaiheet katkaisun aikana (Aura & Tonteri 1993, 279)

### 3.1.3 Tyhjiökatkaisija

Tyhjiökatkaisijat ovat rakenteeltaan yksinkertaisia (kuvio 5). Niissä tarvitaan periaatteessa ainoastaan kiinteä ja liikkuva kosketin, jotka ovat tyhjiösäiliössä. Koskettimien irtaantuessa toisistaan jää valokaari palamaan ionisoituneeseen, kosketuspinnolta höyrystyneeseen metallipilveen. Metallihöyryn ionisaatio katoaa virran nollakohdassa, jolloin höyry tiivistyy. Nopeasti tapahtuvasta prosessista johtuen tyhjiökatkaisijan katkaisukyky ei juuri ollenkaan riipu palaavan jännitteen jyrkkyydestä ja muodosta. (Elovaara & Haarla 2011, 182)

Tyhjiökatkaisija ei poikkea käyttäjän kannalta perinteisistä katkaisijoista juuri lainkaan. Suurin ero perinteisiin katkaisijoihin on se, että kyetäkseen johtamaan mitoitus- ja oikosulkuvirtoja ilman liiallista lämpenemistä, tyhjiökatkaisija vaatii jatkuvan ulkoisen puristusvoiman. (Elovaara & Haarla 2011, 182)



Kuvio 5 Siemens tyhjiökatkaisijan rakenne (Elovaara & Haarla 2011, 183)

- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| 1. Katkaisuyksikön kannattimet | 2. Liittimet           |
| 3. Keraaminen eristin          | 4. Kiinteä kosketin    |
| 5. Liikkuva kosketin           | 6. Sammutuskammio      |
| 7. Metallipalje                | 8. Eristävä tukitanko  |
| 9. Ohjaava vipu                | 10. Eristävä välitanko |
| 11. Ohjausvoiman antava jousi  |                        |

### 3.2 Erottimet

Erottimen tehtävänä on muodostaa turvallinen avausväli virtapiirin ja muun laitoksen välille sekä saada jännitteettömäksi laitoksen osa turvallista työskentelyä varten. Erottimelta ei vaadita virran katkaisu- ja sulkemiskykyä (poislukien kuormaerottimet), sillä sitä ei ole tarkoitettu virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen. Erotin on myös voitava lukita kiinni- tai auki-asentoon, jotta voidaan estää vaaraa aiheuttava käyttö. (Elovaara & Haarla 2011, 190)

Erottimia on rakenteeltaan erilaisia riippuen käyttöpaikasta. Ulkokytkinasemilla käytetään yleisesti kiertoerottimia (Elovaara & Haarla 2011, 193). Erottimia voidaan ohjata auki- tai kiinni-asentoon joko käsin tai moottoriohjattuna, jonkin verran on käytössä vielä paineilmaohjattuja erottimia esimerkiksi Merikosken voimalaitoksen



generaattorikiskostossa. Eräs yleisempiä erotintyyppjä on kiertoerotin (kuva 2). Moottori- ja paineilmaohjattuja erottimia voidaan ohjata valvomosta käsin, jolloin vikatilanteessa tehtävät kytkennät voidaan suorittaa nopeasti, kun asentajien paikalle saapumista sähköasemalle ei tarvitse odottaa.



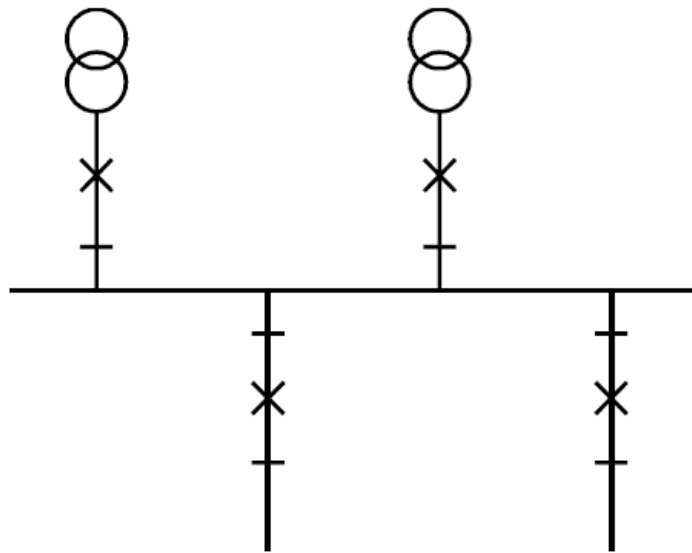
Kuva 2 Kiertoerotin 110 kV kentällä Hakomäen sähköasemalla



### 3.3 Kiskojärjestelmät

#### 3.3.1 Yksikiskojärjestelmä

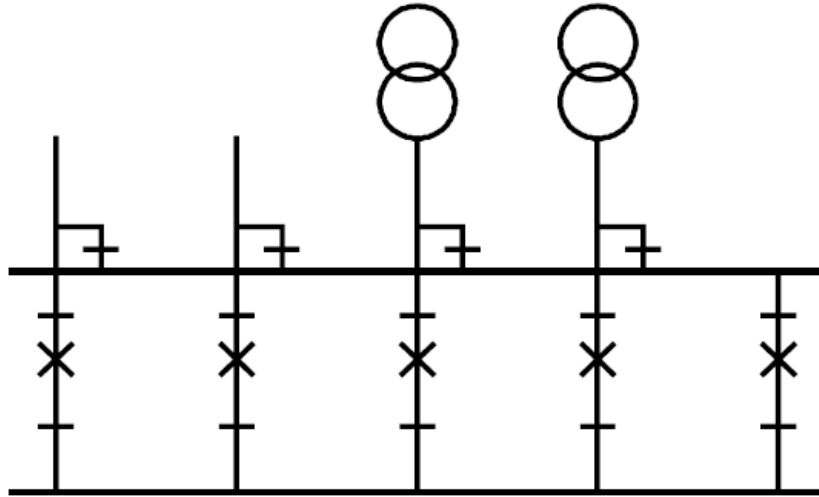
Yksikiskojärjestelmä (kuvio 6) on käytön kannalta huonoin mahdollinen vaihtoehto, sillä huollon ja korjauksen ajaksi asema on kytkettävä irti verkosta. Tämä johtuu siitä, että käyttö ei ole jaettavissa ja katkaisijaa ei voi ohikytkeä. (Aura & Tonteri 1993, 332-333)



Kuvio 6 Yksikiskojärjestelmä (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 341)

#### 3.3.2 Kisko-apukiskojärjestelmä

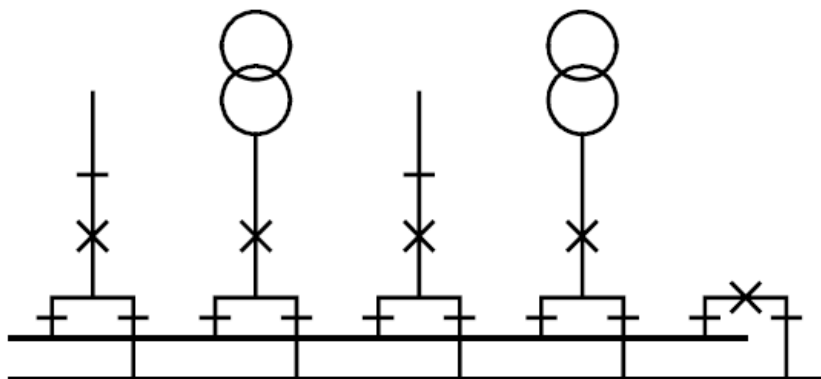
Kisko-apukiskojärjestelmässä (kuvio 7) voidaan katkaisijat ohikytkeä apukisko-katkaisijaa käyttäen. Tarvittaessa voidaan kahta lähtöä syöttää samalla katkaisijalla tai tarpeen vaatiessa kaksi tai useampi lähtö voidaan kytkeä yhteen muun kojeiston ohi. Kisko-apukiskojärjestelmän käyttövarmuus on huomattavasti parempi kuin yksikiskojärjestelmän. (Aura & Tonteri 1993, 333)



Kuvio 7 Kisko-apukiskojärjestelmä (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 342)

### 3.3.3 Kaksoiskiskojärjestelmä

Kaksoiskiskojärjestelmällä (kuvio 8) on mahdollista muuttaa käytön aikana johtojen ja muuntajien ryhmittelyä. Tämä mahdollistaa sen, että toinen kiskojärjestelmä on mahdollista tehdä jännitteettömäksi ilman, että se häiritsee käyttöä. (Aura & Tonteri 1993, 334)

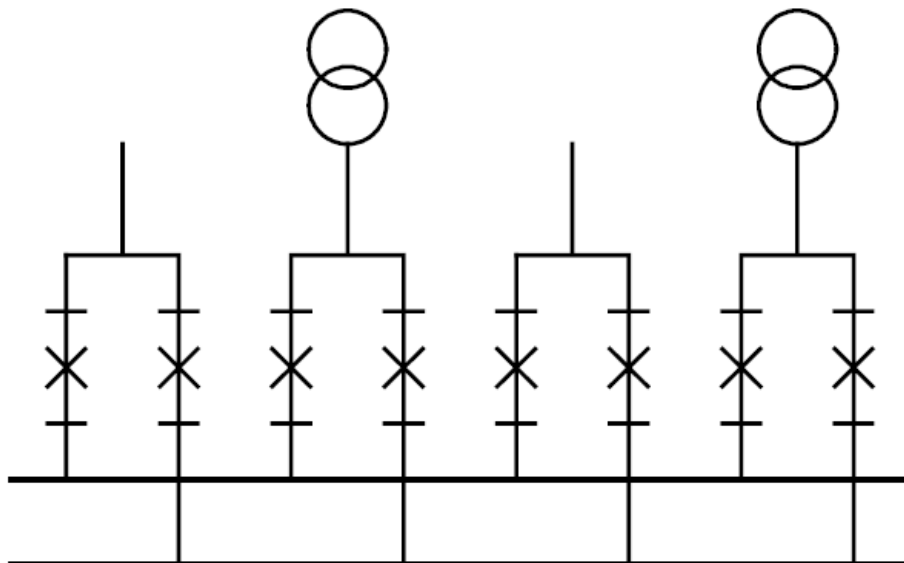


Kuvio 8 Kaksoiskiskojärjestelmä (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 343)

### 3.3.4 Kaksikatkaisijajärjestelmä eli duplex

Kaksoiskatkaisijajärjestelmä eli duplex (kuvio 9) soveltuu hyvin keskijännitelaitoksiin, jotka on toteutettu vaunukatkaisijoilla. Se on käytössä varma myös kiskovikojen ja virheohjausten osalta. Huollon kannalta hyvä puoli on se, että huolto voidaan toteuttaa niin, että verkossa ei tarvitse tehdä kytkentöjä. Haittapuolena on korkea hinta, mikä johtuu siitä, että tarvitaan enemmän katkaisijoita kuin on johtolähtöjä, kaksoiskiskojärjestelmään verrattuna. (Aura & Tonteri 1993, 334-335)

Kaksoiskatkaisijajärjestelmässä voi olla joko yksi tai kaksi pääkiskoa. Jos käytössä on kaksi pääkiskoa, käyttö voidaan jakaa. Tietty kisko tai katkaisija saadaan halutessa käytön aikana jännitteettömäksi ja lähdöt voidaan kytkeä yhteen käyttäen toista kiskoa. Tätä järjestelmää käytetään teollisuudessa ja suurissa jakelukojeistoissa keskijännitteellä. (Aura & Tonteri 1993, 334-335)



Kuvio 9 Duplex-katkaisijajärjestelmä (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 344)

### 3.4 Suojareletyypit

Relesuojausjärjestelmä on toteutettu hyvin, silloin kun se on nopea, selektiivinen, herkkä, luotettava ja toimii myös poikkeuksellisissa tilanteissa. (Elovaara & Haarla 2011, 342)

Suojareleet voidaan jakaa eri ryhmiin mittaustavan mukaan seuraavasti:

- ali- ja ylijännitereleet
- virtareleet
- distanssireleet
- epäsymmetriareleet
- taajuusreleet
- suunta- ja tehoreleet
- differentiaalireleet. (Mörsky 1993, 35,38-50, 57-78)

Ali- ja ylijännitereleet toimivat jännitteen alittaessa tai ylittäessä releelle asetetun arvon. Sähköjako- ja verkkoissa ylijännitereleitä käytetään maasulun nollajännitereleinä, lisäksi nolla- ja alijännitereleitä käytetään irrottamaan generaattorit verkosta pikakytkennän jännitteettömänä aikana. Ylivirtarele toimii vasta, kun virta ylittää ennalta määrätyn arvon. Rengasverkon suojaukseen ylivirtarele ei ole paras mahdollinen, koska se ei havaitse virran suuntaa. Ylivirtarelettä on mahdollista käyttää, kun pienin vikavirta on suurempi kuin suurin kuormitusvirta. (Elovaara & Haarla 2011, 346,360)

Ylivirtareleitä on kolmenlaisia. Hetkellisessä ylivirtareleessä releen toimintaa ei tarkoituksella hidasteta. Vakioaikaylivirtareleessä määrätään releen havahtumisesta laukaisuun menevä aika tai asetetaan tietty virta-arvo, jonka ylittyessä rele toimii hetken. Käänteisaikaylivirtareleessä virta määrittää laukaisuaian. Rengasverkon johtosuojauksessa ylivirtarelettä käytetään varasuojana, mutta vakioaikarele ei helposti mahdollista selektiivisyyttä ja käänteisaikarele laukaisuaika voi olla jossain vikatilanteissa liian pitkä. Nykyään ylivirtareleessä on kaksi porrasta, toinen on vakioaikahidasteinen ja toinen joko vakioaika- tai käänteisaikahidasteinen. (Elovaara & Haarla 2011, 346,393)

Distanssireleen toiminta perustuu mittauksen avulla saataviin virran ja jännitteen arvoihin, joiden avulla lasketaan impedanssi. Impedanssin avulla voidaan määrittää

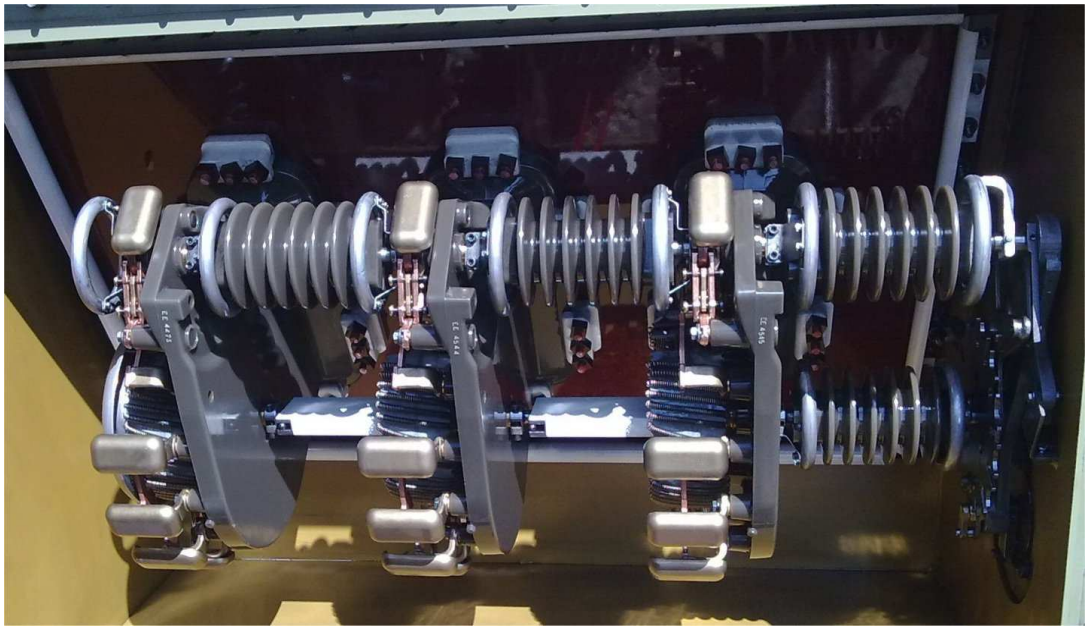
vikapaikan etäisyys mittauspisteestä mitattuna. Vikapaikan suunnan distanssirele määrittää jännitteen ja virran vaiheensiirtokulman avulla. Distanssireleitä käytetään rengasverkoissa, koska niissä vikavirta voi tulla mistä suunnasta tahansa ja pienin vikavirta on yleensä suurempi kuin suurin kuormitusvirta. Tästä johtuen ylivirtareleillä ei saada aikaan selektiivistä suojausta. (Elovaara & Haarla 2011, 348)

Differentiaalirelettä eli erovirtarelettä käytetään kiskojärjestelmien ja muuntajien suojaamiseen. Muuntajakäytössä differentiaalireleellä voidaan havaita sellaiset oikosulut, joiden aiheuttama erovirta on riittävän suuri. Tällaisia oikosulkuja ovat maasulku, oikosulku, käämisulku ja kierrossulku. Differentiaalirele toimii silloin, kun suojattavan kohteen tulevien ja lähtevien virtojen ero on releeseen asetettua arvoa suurempi. Virtojen summan ollessa nolla, virta menee suojausalueen läpi, jolloin suojausalueella ei ole vikoja. Suojausalueella oleva vika voidaan havaita siitä, että virta ei mene läpi, ja tällöin ulkopuolelta tulevat vikavirrat pääsevät suojausalueelle. (Elovaara & Haarla 2011, 355 )

### 3.5 Päämuuntaja

Muuntaja on sähkökone, jonka tarkoituksena on muuntaa ja säätää virtoja ja jännitteitä käämityksien välillä vaihtosähköjärjestelmässä sähkömagneettista induktiota hyväksi käyttäen. Muuntaja voi olla soveltuva sisä- tai ulkokäyttöön. Päämuuntajat käyttävät eristämiseen paperia ja prespaania sekä muuntajaöljyä, joka toimii myös jäähdytysväliaineena, jolloin se siirtää käämissä ja rautasydämessä muodostuvan lämmön muuntaja-astian pintaan tai öljyn jäähdytimeen. Öljyn jäähdytys voi olla luonnollisella kierrolla tai sitä voidaan tehostaa puhaltamalla ilmaa jäähdyttimen läpi. (Elovaara & Haarla 2011, 141, 152 )

Jännitteen säädön kannalta tärkein komponentti on käämikytkin (kuva 3). Käämikytkin voi sijaita muuntajan sisällä tai se voi olla erillisenä muuntajan sivussa. Käämikytkimen tehtävänä on pitää toisiojännite vakiona riippumatta kuormituksesta ja ensiojännitteen vaihteluista ja se on sijoitettu ensiojännitteen puolelle, koska virrat ovat siellä pienempiä kuin toisiojännitteen puolella. Käämikytkimessä voi olla eri jännitteen-säätöasentoja, esimerkiksi  $\pm 9.1, 67 \%$  .



Kuva 3 Merikosken sähköaseman päämuuntajan PM5 käämikytkin

Kytettäessä päämuuntajia rinnakkainkäyttöön on huolehdittava siitä, että muuntajilla on oltava sama kytkentäryhmä, muuntosuhteiden on oltava samat, suhteellisten oikosulkuimpedanssien on oltava likimain samat sekä muuntajien mitoitus-tehot eivät saa poiketa enempää kuin suhteessa 1:3. Rinnakkainkytkettyjen muuntajien yhdessä siirtämä teho lasketaan kaavalla

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = u_h \cdot \sum_{i=1}^n \frac{S_{Ri}}{u_{ki}}, \quad (1)$$

missä

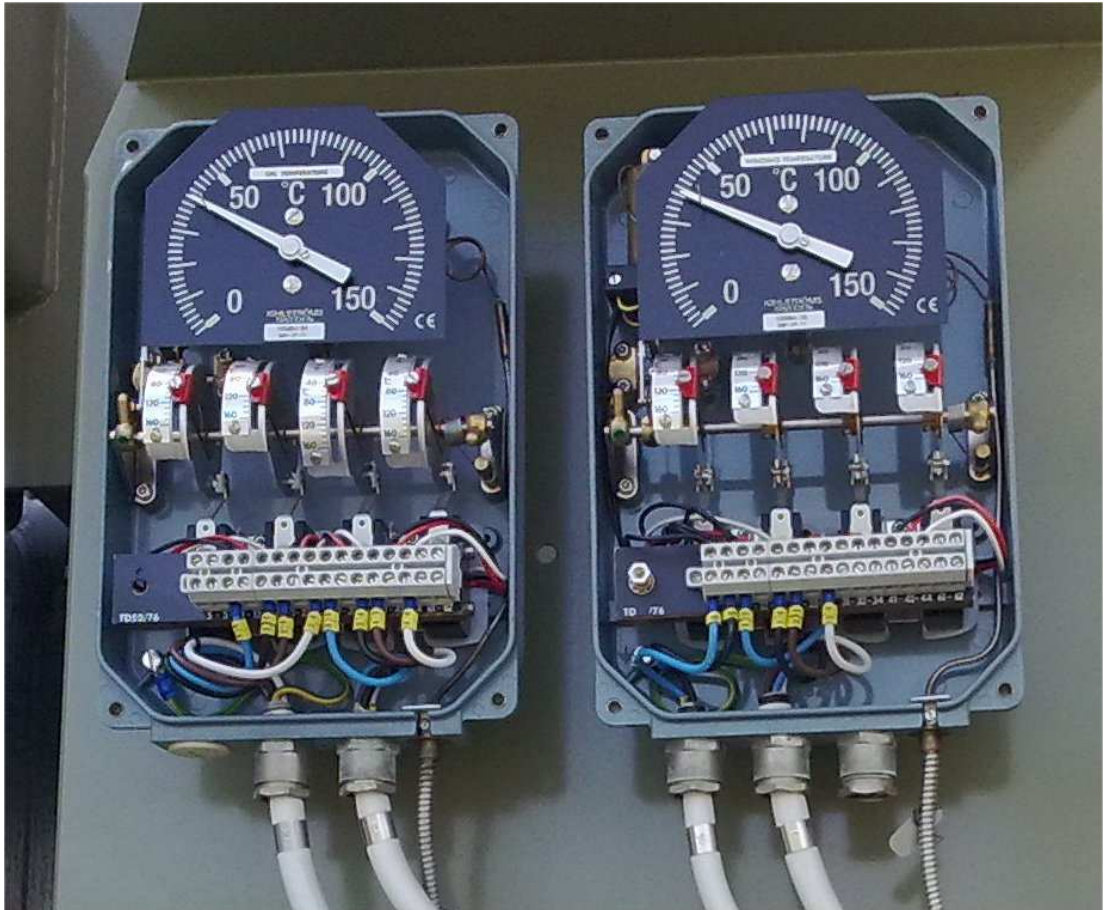
$S_i$  = muuntajan i kokonaiskuormituksesta ottama osuus

$u_{ki}$  = muuntajan i suhteellinen oikosulkuimpedanssi ja

$S_{Ri}$  = muuntajan i mitoitus-teho (Elovaara & Haarla 2011,150)

Päämuuntajat on varustettu seuraavilla suojalaitteilla: kaasurele, öljyn lämpötilan valvonta, öljyn pinnankorkeuden valvonta ja käämin lämpötilan kuvaaja, usein myös ylipaineventtiili (kuva 4). Öljyn kuumetessa paikallisen vian takia öljy hajoaa kaasuksi, joka kerääntyy kaasureleeseen ja aiheuttaa kaasureleen toimimisen. Kaasurele on kaksipuolainen, joista ylempi porras suorittaa hälytyksen ja alempi porras laukaisun. Käämin lämpötilan kuvaaja mittaa itseasiassa käämejä ympäröivän muuntajaöljyn

lämpötilaa ja tämän lisäksi releessä olevaa lämmitysvastusta syötetään käämissä kulkevaan virtaan suoraan verrannollisella virralla. Tällä tavalla voidaan päätellä käämin lämpötila. Uusissa muuntajissa optisella monitorointijärjestelmällä voidaan mitata suoraan käämien lämpötilat. (Elovaara & Haarla 2011, 359, 379)



Kuva 4 Merikosken päämuuntajan PM5 käämin ja öljyn lämpötilakuvaajat

Öljyn lämpötilaa mitataan kapillaariputkella koskettimilla varustetulla mittarilla, jota kutsutaan myös öljyn lämpöreleeksi. Lämpötila-arvot, hälytys sekä laukaisukäskyn lähettäminen voidaan asettaa releeseen, jolloin hälytyksen tullessa kuormia on vähennettävä välittömästi. Mikäli lämpötila nousee edelleen, rele laukaisee muuntajan irti verkosta. (Elovaara & Haarla 2011, 379 )



### 3.6 Sähköaseman rakenne

Sähköasema on sähkölaitteita sisältävä suljettu alue, joka toimii sähköverkkojen kytkentäpaikkana, jossa voidaan suorittaa jännitteen muuntamista, suorittaa kytkentöjä tai jakoa eri johtoihin. Suurinosa sähköasemien suurjännitekytkinkentistä on ulkokytkinkenttiä, suurimmissa kaupungeissa on myös kokonaan sisätiloihin rakennettuja GIS-kojeistolla (kuva 5) varustettuja sähköasemia. (Elovaara & Laiho 1990, 315-316)



Kuva 5 Vanhatullin 110kV GIS-kojeisto

Perinteinen ulkokytkinkentällä toteutettu sähköasema koostuu kytkinkentästä ja sähköasemarakennuksesta. Kytkinkentällä sijaisevat kiskojärjestelmä, erottimet, katkaisijat, jännite- ja virtamuuntajat, ylijännitesuojat ja päämuuntaja. Sähköasemarakennuksessa sijaitsevat ohjaustaulut, kj-katkaisijat ja erottimet, suojareleet, kaukokäyttö, apusähköjärjestelmät sekä akut. Mittamuuntajien tarkoituksena on muuttaa mitattavat jännitteet ja virrat mittalaitteille sopiviksi ja erottaa mittauspiiri galvaanisesti suurjännitteisestä päävirtapiiristä. (Elovaara & Laiho 1990, 315-316)



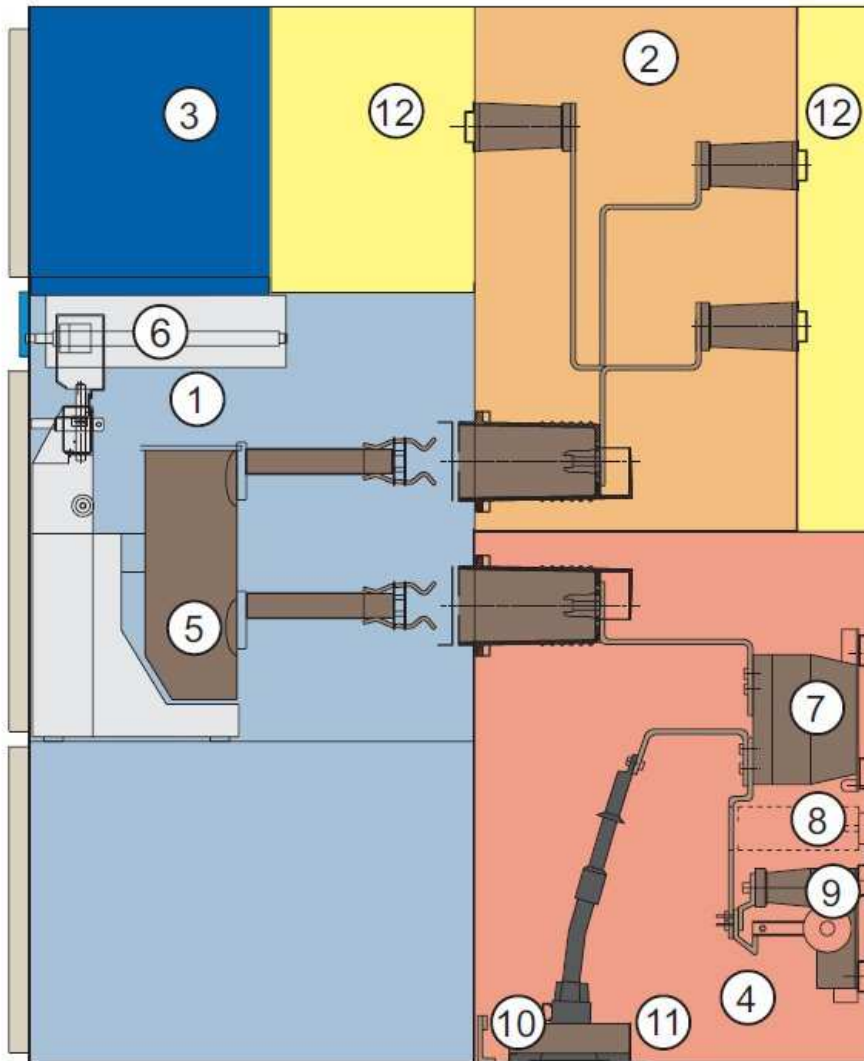
Asemarakennuksessa sijaitsevat ohjaustaulut (kuva 6), kj-johtolähdöt ja -kennot, suojarleet sekä niiden tarvitsemat mittamuuntajat. Ohjaustauluissa sijaitsevista suojarleista tai kytkimistä käsin ohjataan ulkokentällä sijaitsevia erottimia ja katkaisijoita. Myös hälytyskeskus, jonka tehtävänä on koota hälytyksistä tulevat ilmoitukset yhteen pisteeseen ja ilmoittaa niistä visuaalisesti, sijaitsee ohjaustaulussa. (Elovaara & Laiho 1990, 315-316)



Kuva 6 Ohjaustaulut Pateniemen sähköasemalla

Sähköasemilla, jotka syöttävät jakeluverkkoa, kj-kojeistot toteutetaan yleensä katkaisijakojeistoina. Nykyisin on paljon käytössä väliseinillä varustettuja kenno-koteloituja kojeistoja ja tällaisessa rakenteessa kokoojakisko, katkaisija ja johtolähdöt ovat kukin omassa tilassaan. Hyötynä tällaisessa rakenteessa on parantunut turvallisuus suorittaessa käyttötoimenpiteitä verrattuna ilman väliseinää olevaan kennokoteloon. Kasettikojeistoissa käytetään joko SF<sub>6</sub> - tai tyhjiökatkaisijoita. Kojetilasta (kuvio 10) on

rakennettu oma valokaaripaineen purkauskanava ulkotilaan. Kasettikojeiston etuna on nopea ja helppo katkaisijan vaihto. Vedettäessä katkaisija ulos katkaisijatilasta, automaattisesti sulkeutuvat sulkulevyt katkaisevat yhteyden kokoojakisko- ja kaapelitilaan. Päämuuntajan ja kj-kojeiston etäisyydestä riippuen syöttö päämuuntajalta kj-kennot yhdistävään kokoojakiskoon toteutetaan joko kaapelilla tai kiskosillalla. (Elovaara & Laiho 1990, 317)



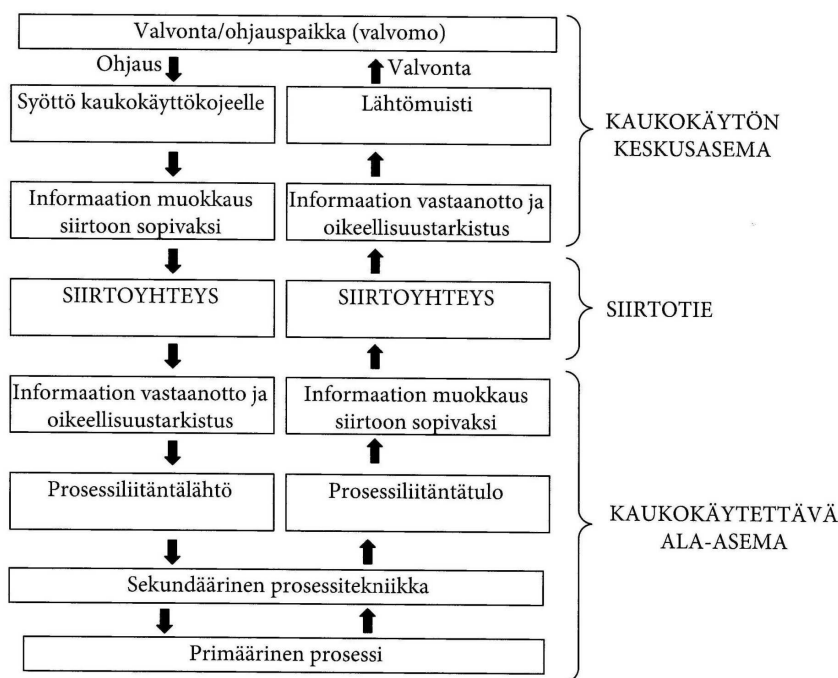
Kuvio 10 Normega Metal-Clad-kojeisto puolivaunulla. (Normega\_esite\_6\_2009\_web,5)

- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. Katkaisijatila        | 2. Kokoomakiskostotila               |
| 3. Toisiokojetila        | 4. Kaapelitila                       |
| 5. Katkaisija vaunuineen | 6. Vaunun siirtomekanismi            |
| 7. Virtamuuntaja         | 8. Ylijännitesuoja                   |
| 9. Maadoituskytkin       | 10. PE-kisko                         |
| 11. Kaapelivirtamuuntaja | 12. Sisäinen paineenpurkauskanavisto |

### 3.7 Kaukokäyttöjärjestelmä

Koska sähkönsiirto- ja jakeluverkostot ovat laaja-alaisia, niin teknisen laatutason parantamiseksi voidaan käyttää kaukokäyttöä. Kaukokäyttö on keskitettyä, osin automaattista valvonta- ja ohjaustoimintaa ja siihen voi liittyä mm. laskentaa, tietojen tallennusta ja raportointia. Kaukokäyttö on yleistä Suomen sähkölaitoksissa. (Elovaara & Haarla 2011, 392)

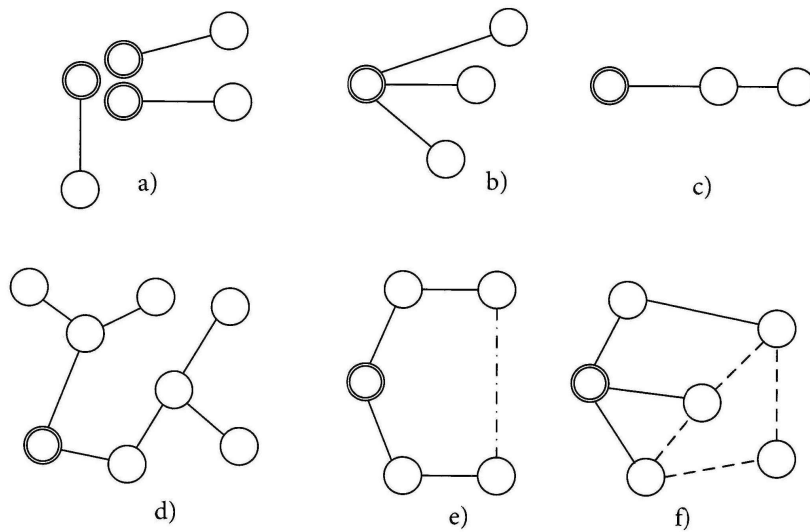
Kaukokäyttöyhteyksissä käytetään yleensä kaksisuuntaista tiedonsiirtoa. Kaukokäyttöjärjestelmän periaatteellinen toiminta on esitetty kuvassa (kuvio 11). Tiedot, jotka kuvaavat valvottavaa prosessia voidaan saada esimerkiksi laitteita koskevinä viesteinä, mittaustuloksina tai esikäsiteltyinä tietoina. (Elovaara & Haarla 2011, 392)



Kuvio 11 Kaukokäyttöjärjestelmän toimintakaavio (Elovaara & Haarla 2011, 393)

Kaukokäyttöjärjestelmän rakennetyyppejä on kuusi: piste-pisteverkko, tähtiverkko, linjaverkko, rengasverkko, silmukkaverkko ja sekaverkko (kuvio 12). Valittu rakenne riippuu transmissiomenetelmästä, kaukokäyttö- ja valvontapisteiden keskinäisestä sijainnista, aika- ja informaatiomäärästä sekä käytettävyys- ja turvallisuusvaatimuksista. Alueellisesti pienissä jakelusähkölaitoksissa käytetään yleensä tähti-, linja- tai

rengasverkkoa, suuremmissa laitoksissa rengas- tai silmukaverkkoa. (Elovaara & Haarla 2011, 392)



Kuvio 12 Kaukokäyttöjärjestelmien rakennetyyppejä (Elovaara & Haarla 2011, 393))

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| a) Piste-pisteverkko | b) Tähtiverkko       |
| c) Linjaverkko       | d) Sekaverkko        |
| e) Rengasverkko      | f) Silmukoitu verkko |

Kaukokäyttöjärjestelmä toimii reaaliaikaisena, jolloin käyttäjä on koko ajan tietoinen prosessin tilasta ja tällöin myös ohjauskäskyjen on mentävä nopeasti ja varmasti perille. Tiedonsiirto-ohjelmille kaukokäyttöjärjestelmässä on oltava suuret vaatimukset, koska tiedonsiirron on toimittava luotettavasti myös häiriöllisessä ympäristössä. Ohjausinformaatio sisältää varsinaiset ohjaukset sekä ohjaustoimenpiteitä aiheuttavat käskyt. Tällaisia ovat esimerkiksi katkaisijan tai erottimen ohjaus ja käämikytkimen asetusarvojen tai releasettelujen muuttaminen. Ohjaukset ja asennonosoitukset on sidottu toisiinsa niin, että siirretään tieto ohjauksen suorittajalle kaikista kauko- ja käsinkäytöllä ohjattavien kohteiden asennosta. (Elovaara & Haarla 2011, 392-394)

## 4 KYTKENTÄTEHTÄVÄT

### 4.1 Turvallisuusmääräykset

Sähköala on Suomessa tarkasti säädelty viranomaisten puolelta, hyvä niin, sillä sähkö on vaarallista väärin käytettynä.

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 3. luvun 8 §:ssä säädetään, millä edellytyksillä sähkölaitteiden rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötöitä saa tehdä. Töitä johtamaan on nimettävä riittävän kelpoisuuden omaava luonnollinen henkilö ja häntä kutsutaan töiden johtajaksi. Lisäksi säädetään, että itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä pitää olla riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito. (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 3:8 §)

Tarkemmin ammattitaito- ja koulutusvaatimuksista kerrotaan kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä 5.7.1996/516 3. luvussa (KTMp 516/1996 3:9-11 §). KTMp 516/96 2. luvun 5 §:ssä veloitetaan sähkötöidenjohtajaa huolehtimaan, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä. Tämän lisäksi käytönjohtajan on huolehdittava, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä. Lisäksi käytönjohtajan on huolehdittava, että käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastettuja tehtäviinsä. (KTMp 516/1996 2:5 §)

Sähköturvallisuudesta kerrotaan kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä KTMp 1194/99 4A-luvussa ja tätä lukua sovelletaan työhön, jos työstä voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara. Ennen sähköalan- tai muun työn aloittamista sähkölaitteiston läheisyydessä on selvitettävä sähkölaitteiston rakenne ja arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin sähkötyöturvallisuuden kannalta. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä KTMp 1194/99 29c §:ssä määrätään, että jokaiseen työkohteeseen on nimettävä KTMp 516/96 11 §:ssä mainittu itsenäisesti oman alansa sähkö- ja käyttötöitä tekemään tarkoitettu henkilö valvomaan työaikaista sähköturvallisuutta. Hän voi osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan itse.

Työntekijällä pitää olla käytettävissään riittävät kirjalliset ohjeet ja työntekijän on työssään käytettävä turvallisiksi todettuja työvälineitä ja varusteita. Lisäksi työntekijöiden ja muiden turvallisuus on varmistettava olosuhteiden vaatimin erityisin turvallisuustoimenpitein. Työ ei saa lisätä myöskään räjähdys-, palo- tai muuta vastaavaa vaaraa. (KTMp 1194/1999 4A:29 §)

Standardissa SFS6002 sähkötyöturvallisuus käsitellään käyttötoimenpiteitä, yhteydenpitoa ja tiedonkulkua. Tiedonkulku ja yhteydenpito ovat tärkeässä asemassa suoritettaessa käyttötoimenpiteitä. Standardin mukaan yhteydenpitotapoja ovat suullinen, kirjallinen tai visuaalinen viestintä. Suoritettaessa käyttötoimenpiteitä käytetään suullista (puhelin) ja kirjallista (kytkentäohjelma) viestintää. Käytettäessä suullista viestintää kaikissa ilmoituksissa pitää selvittää ilmoittajan nimi ja sijaintipaikka. Viestin vastaanottajan pitää toistaa tiedot takaisin lähettäjälle ja hänen pitää vahvistaa niiden olevan oikein vastaanotettu ja ymmärretty. Sähkölaitteistoa ei saa tehdä jännitteettömäksi eikä töitä aloittaa pelkästään merkkien tai ennalta sovitun kellonajan perusteella (SFS6002 4.4). Mikäli kuullaan ukkosen jyryä, nähdään salamointia tai havaitaan ukkosen lähestyvän, on työ keskeytettävä ja asiasta on ilmoitettava sähkölaitteiston käytöstä vastaavalle henkilölle. Mikäli työkohteessa on säätilasta johtuva huono näkyvyys, mitään työtä ei saa aloittaa ja käynnissä olevat työt pitää keskeyttää, jonka jälkeen saatetaan työkohteeksi turvallisesti. (SFS 6002 6.1.2)

Suoritettaessa sähkölaitteiston erottaminen täytyy jännitteen kytkeminen työkohteeseen estää lukitsemalla erotuslaite tai tila, jossa se sijaitsee. Erotuskohta tai ohjauselin on varustettava kieltokilvellä, jossa kielletään kytkemästä jännitettä työskentelyn aikana. Kilvessä on oltava asettamispäivämäärä ja asettajan nimi. (SFS 6002 6.2.2)

Sähkölaitteiston jännitteettömyys pitää aina todeta laitteiston kaikista navoista työalueella tai niin lähellä työaluetta kuin käytännössä on mahdollista. Erillisen jännitteenkoettimen toiminta pitää kokeilla ennen käyttöä koettimen testauspainiketta käyttäen ja sen jälkeen voidaan vielä kokeilla koettimella jännitteistä kohtaa verkossa ennen kuin koetetaan erotettua kohtaa sähkölaitteistosta. On myös suotavaa testata koettimen toiminta käytön jälkeen. Mikä työkohteesta poistutaan ja työkohdetta ei voida valvoa itse tai työtä tekevän toimesta, on jännitteettömyys todettava uudelleen. Tätä ei kuitenkaan vaadita, kun on varmistettu, että työkohteeksi on työmaadoitettu (kuva 7). (SFS 6002 6.2.3)



Kuva 7 Työmaadoitus 20 kV:n kennossa siirrettävillä maadoitusvälineillä

Työmaadoitus on tehtävä kiinteillä maadoituslaitteilla, esimerkiksi maadoitus-erottimilla, mikäli se on mahdollista. Mikäli kiinteitä maadoituslaitteita ei ole käytettävissä tai niitä ei voida käyttää, voidaan käyttää standardin SFS-EN 61230 mukaisia siirrettäviä maadoitusvälineitä. Siirrettävien maadoitusvälineiden kiinnittämisessä on otettava huomioon seuraavaa. Maadoitusvälineet on kiinnitettävä ensin työmaadoituspisteeseen, jonka jälkeen maadoitusväline kiinnitetään maadoitettavaan kohteeseen ja lisäksi pitää tarkistaa, että asennuksen on kokonaisuudessaan kestettävä esiintyvät vikavirrat. On hyvä myös varmistaa maadoitusvälineiden kiinnipysyminen työn aikana. Maadoitusvälineet on asennettava, mikäli mahdollista, niin lähelle työpistettä, että maadoituspiste on nähtävissä työpisteestä käsin. (SFS 6002 6.2.4)

## 4.2 Käytönsuunnittelu

Vuonna 2012 Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:ssa tehtiin 342 keskijännite-kytkentäsuunnitelmaa, lisäksi pienjänniteverkkoa koskevia kytkentäsuunnitelmia tehtiin 60. Erilaiset verkossa tai sähkölaitteistoissa tapahtuvat kunnossapito- ja rakennustyöt sekä läheisyydessä tehtävät muut työt aiheuttavat kytkentätarpeita, esimerkiksi kesäaikaan kaivuutöitä suorittavilta urakoitsijoilta tulee paljon pyyntöjä kaapeleiden kylmettämistä kaivuutöiden ajaksi. Kytkentöjen suunnittelu alkaa kytkentätarpeella, jolloin ensimmäiseksi kytkentäsuunnittelija tarkastaa verkon tilanteen mitä toimenpiteitä työn toteutus vaatii. (Tuomaala 26.3.2013, sähköpostiviesti)

Suunnittelun tarkoituksena on selvittää, miten kytkennät voidaan toteuttaa turvallisesti ja mahdollisimman vähän häiriötä sähkönjakeluun aiheuttaen. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon kytkennän vaikutukset verkon toimintaan. Ajankohta täytyy myös ottaa huomioon suunnitelmaa tehtäessä, sillä verkon haltija päättää kytkentä- tai keskeytystilauksen ajankohdan. Lisäksi selvitetään onko mahdollisuutta rengasverkkoon eli voidaanko kaapeli kylmentää vai joudutaanko työ tekemään jännitetyönä. Mikäli työ tehdään jännitetyönä, on siitä aina tehtävä kirjallinen kytkentäohjelma, lisäksi päätoteuttaja täyttää jännitetyöpöytäkirjan ja toimittaa sen kytkennänjohtajalle. Kirjallinen kytkentäohjelma on tehtävä myös aina kaikista yli 1 kV:n kytkentätöistä, poislukien vika- ja hätäkytkennät. Muuttuva verkonosa on oltava verkonhaltijan verkkotietojärjestelmään dokumentoituna ennenkuin kytkentäohjelma tilataan. Kytkentäohjelma (liite 1) on yksityiskohtainen, kirjallinen suunnitelma tarvittavista kytkennöistä sekä kytkentöihin liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä. Sen on sovittava toteutusajankohdan käyttötilanteeseen ja se tehdään kytkentä- tai jännitetyöpäätöksen tietojen nojalla. Kytkentäohjelmaa voidaan täydentää turvallisuusilmoituksen tiedoilla, jolloin turvallisuusilmoituksen laativat sähkölaitteiston käytöstä vastaava ja työstä vastaava henkilö yhdessä. Mikäli kytkentään kuuluu muiden haltioiden kytkinlaitoksia, kytkentäohjelmien yhteensopivuudesta ja johtamisvastuista on varmistuttava. (Energiateollisuus ry 2009, 27-29; Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy Lehto 2011, 1-2)

Kytkentäohjelmat laaditaan käytöntukijärjestelmällä (KTJ). Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:ssä on käytössä Tekla Oyj:n toimittama Xpower DMS käytöntukijärjestelmä ja Xpower verkkotietojärjestelmä. Karttapohjaisen kuvauksen lisäksi sähköasemat ja keskijänniteverkko voidaan esittää kaaviomuodossa. Järjestelmästä saadaan vika- ja



häiriökeskeytystiedot viranomaisraportointia varten. Suunnitelmat voidaan testata ja suunnitella vaihe vaiheelta graafisesti KTJ:n käyttöliittymässä sekä tulostaa tarvittavat dokumentit. (Tuomaala 2009, 28)

KytKentäohjelmassa olevat kytkimet ja kojeistojen merkinnät pitää olla yksityiskohtaiset ja yhdenmukaiset käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmän kanssa, lisäksi niiden on oltava yhdenmukaiset myös kojeistojen, sähköasemien ja kytkimien kanssa. Lisäksi täytyy nimetä kytkennänjohtaja, työstä vastaava henkilö ja työturvallisuudesta vastaava henkilö sekä tieto siitä, miten heidät tavoittaa. KytKentäohjelman on myös otettava huomioon riittävä kytkimien kuormanohjauskyky sekä päätyömaadoitustavat ja -paikat. Maadoitukset on tehtävä aina maadoituserottimia käyttäen mikäli se on mahdollista, tämän lisäksi on otettava huomioon päätyömaadoitusten oikosulkukestoisuus. RengaskytKennät, muuntajien käämikytkimien ohjaukset käsiasennolle sekä jännitteiden tasaukset pitää tulla selvästi ilmi kytKentäohjelmasta, johon merkitään myös tarvittavat turvatoimet, koestukset, päätyömaadoitukset ja kieltokyltit sijaintitietoineen sekä lisäksi työn aloituslupa ja käyttöönottolupa. KytKentäohjelmassa on oltava myös vaadittavat mittaukset sekä päätyömaadoitusten tarvitsemat purkutyöt. Ennen kytKentäohjelman käyttöönottoa ohjelma on tarkistutettava asiantuntevalla henkilöllä. (Energiateollisuus ry 2009, 27-29; Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy Lehto 2011, 1-2)

KytKennänjohtajana on verkonhaltijan käyttökeskus, joka toimii käytönjohtajan ohjeiden mukaisesti. Sähkötyöturvallisuusmääräykset on otettava huomioon kytKentöjä tehtäessä ja noudattava käytönjohtajan ohjeita sekä yksintyöskentelyohjetta. Paikalliskytkijät ovat tutustuneet ennalta kytKentäohjelmaan ja pitävät kytKentäohjelman mukanaan. Paikalliskytkijän velvollisuutena on ilmoittaa huomaamansa turvallisuuspuutteet kytKennänjohtajalle ja tarvittaessa keskeyttää työ. KytKennänjohtaja tekee kytKennät käytöntukijärjestelmällä reaaliaikaisena sekä merkitsee päätyömaadoitukset ja kieltokyltit, joissa on päivämäärät ja yhteystiedot, lisäksi jännitetöissä pitää käytöntukijärjestelmään merkitä "Jännitetyö käynnissä". Paikalliskytkijän tehtävänä on suorittaa kytKennät kytKentäohjelmassa esitetyllä tavalla saatuaan luvan kytKennänjohtajalta(liite2). (Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy Lehto 2011, 3)

KytKentäjohtajan luvalla kytKentäohjelmasta voidaan poiketa pakottavista syistä, joita ovat esimerkiksi laitteen vikaantuminen sekä hengen tai vaaran uhka. Tällöin toimitaan

kytkentäjohtajan luvalla ja ohjeistuksella. Muutoin kytkentäohjelman muutos aiheuttaa uuden kytkentäsuunnittelun SÄTKY-ohjeiden mukaan. Ennen kytkentää on aina varmistettava laitteiden kunto ja turvallisuus sekä kytkinlaitteen kaikkinaikainen toiminta. Paikalliskytäkijä kytkee päätyömaadoitukset kytkentäohjelman mukaan kytkennäjohtajan luvalla erotuskytkentöjen, lukitusten ja kaikkinaikaisten koestusten jälkeen ja hän tekee myös vaadittavat lisätyömaadoitukset. Työn tultua valmiiksi hän antaa kytkennäjohtajalle käyttöönottoluvan. Kytkennäjohtaja antaa luvan poistaa päätyömaadoitukset, jonka jälkeen verkonosan katsotaan olevan jännitteellinen. Paikalliskytäkijän tehtävänä on seuraavaksi poistaa kieltokyltit maadoituksen purkamisen jälkeen, mutta ennenkuin verkonosa otetaan käyttöön sekä tehdä ilmoitus kytkennäjohtajalle. Tämän jälkeen paikalliskytäkijä tekee eristysvastusmittaukset sekä kohteen jännitteiseksi kytkennän jälkeen myös tarvittavat vaiheistukset. Työn toteuttaja suorittaa käyttöönottotarkastukset ja muut mittaukset käyttöönoton jälkeen. (Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy Lehto 2011, 3-4)

## 5 KÄYTTÖTOIMENPITEET SÄHKÖASEMILLA

Sähköasemilla tarvittavat katkaisijoiden ja erottimien ohjaukset suoritetaan ensisijaisesti kaukokäyttöjärjestelmän välityksellä käyttökeskuksesta käsin. Kaikkia ohjauksia ei voida normaalissa käyttötilanteessa suorittaa muuten kuin tekemällä tarvittavat ohjaustoimenpiteet paikallisesti käsin ohjaten. Tällaisia ohjaustoimenpiteitä ovat käsin ohjattavien erottimien ohjaukset, kj-kojeistossa erotusasentoon siirtäminen ja maadoitustoimenpiteet. Poikkeustilanteessa, esimerkiksi kaukokäyttöyhteyden ollessa estynyt, joudutaan kaikki käyttötoimenpiteet suorittamaan paikallisesti.

Seuraavissa kappaleissa läpikäytävät ohjaustoimenpiteet eri asemilla ovat lyhennelmiä ohjeista, jotka ovat tehty Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle sisäiseen käyttöön. Asemille ja käyttökeskukseen tulevat ohjeet on varustettu havainnollistavilla valokuvilla työvaiheiden selkeyttämiseksi.

### 5.1 Hakomäki

Hakomäen sähköasema sijaitsee Kiimingissä ja 110 kV syöttö tulee Fingridin Leväsuomaalismaan linjalta haarautuen Nurmijärvellä Oulun Energia Siirto ja Jakelun 110 kV:n linjaksi. Tämä linja syöttää myös Kiimingin sähköasemaa, joka sijaitsee noin 500 metrin päässä Hakomäen sähköasemalta.

Hakomäen sähköasemalla on yksi päämuuntaja, jonka syöttö tulee kentän AE02 kautta. Kenttää ohjataan ohjaustaulun OT1 kautta suojareleestä ABB RET543 käsin, myös kentällä olevista ohjainkaapeista voidaan ohjata katkaisijaa ja erottimia. Ohjattaessa katkaisijaa Areva GL311F1P-ohjainkaapista käsin valitaan ensin KAUKO/0/PAIKALLIS -kytkimestä paikallasento. Sähköinen ohjaus on estetty 0-asennossa jolloin kauko- ja paikalliskäyttö eivät toimi. Katkaisijat suljetaan 1-painikkeella ja avataan 0-painikkeella.

Erottimien lukitusten ohjaus tapahtuu ohjaustaulusta OT1 kääntämällä erottimien lukituskytkin vapaa-asentoon, lukitus on aina vapautettava erottimien ohjauksia paikallisesti suoritettaessa. Kentällä AE02 erotin Q1 ja maadoituserotin Q9 ohjaimet

ovat Hapam MT -tyyppiä. Erottimien ohjaus tapahtuu samalla tavalla kuin katkaisijoiden ohjaus painikkeita käyttäen ja käsin avaus molemmille erottimille tehdään kammen avulla ohjainkotelossa olevan reiän kautta.

Paikallisohtaus tapahtuu ensisijaisesti VEO:n valmistamasta VEKE 24 -kojeistossa olevasta VAMP245-suojareleestä käsin, operaatiotasolle pääseminen kuitenkin edellyttää salasanan käyttöä. Tämän jälkeen valitaan suojareleestä paikalliskäyttö, jonka jälkeen valitaan ohjattavaksi haluttu kohde. On tärkeää tarkistaa ennen katkaisijavaunun siirtoa erotusasentoon, että katkaisija on auki. Valitsin vapautetaan painamalla valitsimen vapautus-nappia (kuva 8) ja käännetään samanaikaisesti valitsin-vipua siirto-kohtaan. Tämän jälkeen voidaan asettaa työkalu erotinreikään ja kääntää työkalua vastapäivään, jolloin katkaisijavaunu siirtyy erotusasentoon. Erottimien asennonosoittimesta täytyy tarkistetaan, että katkaisija on erotusasennossa, jonka jälkeen voidaan johtolähtö tarvittaessa maadoittaa seuraavasti. Ennen maadoitusta johtolähdön jännitteettömyys tarkistetaan jännitteenkoettimella kennon alaluukusta. Johtolähdön ollessa jännitteetön, voidaan johtolähtö maadoittaa painamalla valitsimen vapautusnappia ja kääntämällä samanaikaisesti valitsin-vipua maad/koe-kohtaan. Työkalu asetetaan reikään ja käännetään maadoituskytkintä työkalua apuna käyttäen myötäpäivään, kunnes maadoituskytkimen asennonosoitin näyttää maadoituskytkimen olevan suljettu. Hätälaukaisu voidaan tehdä kääntämällä hätäseis-väännintä myötäpäivään, jolloin katkaisija ohjautuu mekaanisesti auki; riippumatta valitsimen tai vaunun asennosta hätälaukaisu on aina mahdollista.



Kuva 8 Veke 24 kojeiston ohjainpaneeli

Hakomäen sähköasemalla on yksi päämuuntaja samoin kuin Kiimingin sähköasemalla, joten tästä johtuen ko. asemat on yhdistetty toisiinsa kahdella 20 kV yhdyskaapelilla. Yhdyskaapeleiden katkaisijat on asetettu sellaiseen tilaan, että yhdyskaapelin 1 katkaisija on auki Kiimingin sähköasemalla ja kiinni Hakomäen sähköasemalla sekä

vastaavasti yhdyskaapelin 2 katkaisija on auki Hakomäen sähköasemalla ja kiinni Kiimingin sähköasemalla. Tähän on päädytty sen vuoksi, että sähkönjakelun häiriön sattuessa sekä samaan aikaan kaukokäyttöyhteyden katketessa toiselle asemalle, sähkösyöttö voidaan palauttaa sulkemalla katkaisija toisella asemalla. Lisäksi tällä kytkennällä varmistetaan sähkönsyöttö esimerkiksi tilanteessa, missä päämuuntaja on kytketty irti sähköverkosta huollon tai koestuksen takia.

## 5.2 Kaakkuri

Kaakkurin sähköasemalle 110 kV:n syöttö tulee Oulunsuun sähköasemalta. Varasyöttö tulee Fingridin Kalajoki-Pikkarala 110 kV:n linjasta kentällä E04 olevan erottimen kautta ja kytkentä edellyttää käyttökeskeytyksen. Kentän E04 ohjaukseen on oltava Fingridin lupa.

Kaakkurin sähköasemalla on kaksi päämuuntajaa PT01 ja PT02. Päämuuntajan PT01 sähkönsyöttö tulee kentän E02 kautta ja päämuuntajan PT02 sähkönsyöttö kentän E01 kautta. Kenttiä E02, E03 ja E04 ohjataan ohjaustaulusta OT1 suojarieleistä ABB REF543 käsin, ohjaustaulussa OT1 on myös PT01:n jännitteen säätö. Päämuuntajan PT02 ohjaus tapahtuu ohjaustaulusta OT3 suojarieleellä ABB RET543.

Kenttien E01Q0 ja E02Q0 katkaisijoita voidaan ohjata myös ohjauskaapeista käsin seuraavasti. Ensin valitaan kauko/0/paikallis-kytkimestä paikallisasento. Sähköinen ohjaus on estetty 0-asennossa, jolloin kauko- ja paikalliskäyttö eivät toimi. Katkaisijat suljetaan 1-painikkeella ja avataan 0-painikkeella kentällä E02 sekä kääntämällä kytkintä auki tai kiinni asentoon kentällä E01.

Kentällä E01 erotin Q1 ja maadoituserotin Q9 ovat Hapam MT -tyyppiä. Kentillä E02, E03 ja E04 on käytössä Alstom Ermat-moottoriohjain. Erottimien ohjaus tapahtuu samalla tavalla kuin katkaisijoiden ohjaus, käsin avaus molemmille erottimille tehdään kammen avulla ohjainkotelossa olevan reiän kautta.

Sähköasemalla on UTU Elec Oy:n valmistama Kontio 20 kV:n kaksoiskatkaisija- eli duplexkojeisto. Katkaisijoiden ohjaus 20 kV:n kojeistossa tapahtuu suojarieleillä REF543 ja ennen kojeistossa tapahtuvia erottimien ohjauksia täytyy kennosta J10A

vapauttaa lukitus. On tärkeää tarkistaa ennen katkaisijavaunun siirtoa erotusasentoon, että katkaisija on auki. Vaunu siirretään erotusasentoon pyörittämällä kampea, kunnes kammien yläpuolella lukee vaunu erotettu. Johtolähdön jännitteettömyys on tarkistettava jänniteindikaattorista ja vaunun on oltava erotusasennossa ennenkuin maadoituskytkin Q9 voidaan kytkeä. Tämän jälkeen kampi voidaan asettaa reikään ja pyörittää, kunnes kammien yläpuolella lukee maadoituskytkin kiinni.

### 5.3 Kiiminki

Kiimingin sähköasemalle syöttö tulee samaa 110 kV:n linjaa pitkin kuin Hakomäen asemalle linjan päättyessä Kiimingin asemalle. Kiimingin sähköasemalla on yksi päämuuntaja, käsikäyttöiset erottimet ja yksi katkaisija. 110 kV:n katkaisijaa ohjataan ohjaustaulussa OT2 sijaitsevasta ohjauskuittauskytkimestä käsin, kun taas erottimia käytetään mekaanisesti. Katkaisijan tila nähdään ohjaustaulussa OT2 olevasta suojareleen ABB RET543 näytöltä ja käämikytkimen ohjaus tapahtuu myös tämän suojareleen kautta.

Ohjattaessa paikallisesti 110 kV:n katkaisijaa ohjauskaapista käsin valitaan ensin lähi-asento, jonka jälkeen katkaisija voidaan avata tai sulkea auki/kiinni -kytkintä kääntämällä. Ennenkuin erottimia voidaan ohjata, täytyy ohjaustaulusta OT1 vapauttaa erottimien lukitus ja lisäksi on tarkistettava, että 110 kV katkaisija on auki. Tämän jälkeen voidaan erottimia ohjata kääntämällä kammella erotin auki tai kiinni. Maadoituserotinta Q9 ohjattaessa on ensin varmistuttava 110 kV:n linjan jännitteettömyydestä ja erottimen Nurmijärvi AE3a3 tulee olla auki, sillä Q9 maadoittaa syöttävän 110kV linjan. Erottimien asentotieto on nähtävissä ohjaustaulussa OT1 olevista asennonosoittimista.

Kiimingin aseman Strömberg OSAM 20 kV:n katkaisijoita ohjataan ko. kennossa olevasta ohjauskuittauskytkimestä käsin. Lisäksi katkaisija voidaan avata tai sulkea katkaisijavaunun etupaneelissa olevista painikkeista. Katkaisijavaunun siirto erotusasentoon tapahtuu kääntämällä kahvat sisäänpäin ja painamalla poljinta, jolloin voidaan vetää vaunu erotusasentoon. Ennen erottimien ohjausta täytyy kennosta B9 vapauttaa erottimien lukitus. Tämän jälkeen 20 kV ohituserotinta Q4, johtoerotinta Q3 ja maadoituserotinta Q9 voidaan ohjata lukitusehtojen mukaisesti kääntämällä

kammesta puoli kierrosta avattaessa vastapäivään ja suljettaessa myötäpäivään. Erottimien asentotieto nähdään ko. kennon etupaneelissa olevista asennonosoittimista. Ennen maadoituserottimen Q9 käyttöä täytyy johtolähdön jännitteettömyys varmistaa jännitteenkoettimella.

#### 5.4 Kuivasjärvi

Kuivasjärven sähköasemaa laajennettiin syksyllä 2012 toisella päämuuntajalla PT02 ja samalla rakennettiin kojeisto 2, joka sijaitsee muuntajien takana olevassa rakennuksessa. Kojisto 1 ja ohjaustaulut sijaitsevat alkuperäisessä rakennuksessa. Kuivasjärven sähköasema liittyy 110kV:n pohjoiseen renkaaseen, jossa asema sijoittuu Pateniemen ja Posan sähköasemien väliin. Liityntä Pateniemen suuntaan tapahtuu kentän AE03 ja Posan suuntaan kentän AE01 kautta. Päämuuntaja PT01 saa sähköä kentän AE02 kautta, jota ohjataan ohjaustaulusta OT2 sijaitsevan Siemens Siprotec erovirtareleen kautta, PT02 kytkeytyy taasen kentän AE04 kautta sähköverkkoon ja ohjaus tapahtuu OT4 ohjaustaulussa sijaitsevan ABB RET630 muuntajaterminaalin välityksellä. Kenttiä AE01 ja AE03 ohjataan ohjaustaulussa OT1 olevian Siemens Siprotec distanssireleiden välityksellä. Ohjaustaulussa OT3 sijaitsee SACO hälytyskeskus, sähkölaadunmittari sekä erottimien lukitusjännitteen ohjauskytkin ja merkkivalo. Katkaisijoiden AE01Q0, AE02Q0 ja AE03Q0 ohjaus tapahtuu kuten Hakomäen asemalla kentän AE02Q0 katkaisijan. Katkaisijan AE04Q0 ohjaus tapahtuu kuten edellä olevien katkaisijoiden, paitsi paikallis/0/kauko-valinta tapahtuu avainkytkimellä. Erottimien AE04Q1 ja AE04Q9 ohjaus tapahtuu kuten Hakomäen kentällä E01. Muiden erottimien ohjaus tapahtuu samoin kuin erottimen AE04Q1, paitsi mekaaninen avaus kammella tapahtuu ohjauskotelon alapuolelta.

Kojeisto 1 on tyhjiökatkaisijoilla varustettu Siemens Simosec 20 kV kojeisto. Katkaisijan Q0 avaus ja sulkeminen suoritetaan painamalla kennon alaosassa olevia painikkeita 0 tai 1 ja katkaisijan asennonosoitin sijaitsee painikkeen 1 alapuolella. Kennon keskiosassa sijaitsevalla valintavipulla valitaan ohjattava erotin. Valintavipua siirrettäessä oikealle voidaan ohjata maadoituserottimia Q8 ja Q9 sekä vasemmalle siirrettäessä erotinta Q01. Ohjattaessa erotinta Q01 käytetään mustalla päällä olevaa työkalua ja erottimia Q8 ja Q9 ohjattaessa käytetään punaisella päällä varustettua työkalua. Ennen erottimen Q01 ohjausta on varmistuttava, että katkaisija Q0 on auki, ja

lisäksi ennen maadoituserottimien Q8 ja Q9 ohjausta on varmistuttava, että katkaisija Q0 ja erotin Q01 on auki ja johtolähtö on jännitteetön. Jännitteen tarkistus tapahtuu jännite-indikattorilla asettamalla indikaattori kennon keskiosassa vasemmassa laidassa oleviin pistokkeisiin.

Kojeisto 2 on VEO:n VEKE 24 -kojeisto, jossa on VAMP255 suojarleet. Kojeiston ohjaukset tapahtuvat samoin kuin Hakomäen kojeiston, riippumatta erilaisesta suojarleestä, jota käytetään samoin kuin VAMP245 suojarlettä. Kojeistossa on Hyundain tyhjiökatkaisija, joka voidaan avata käsin katkaisijan etupaneelissa olevasta punaisesta painikkeesta, mutta tästä katkaisijasta puuttuu mahdollisuus sulkea se mekaanisesti.

## 5.5 Limingantulli

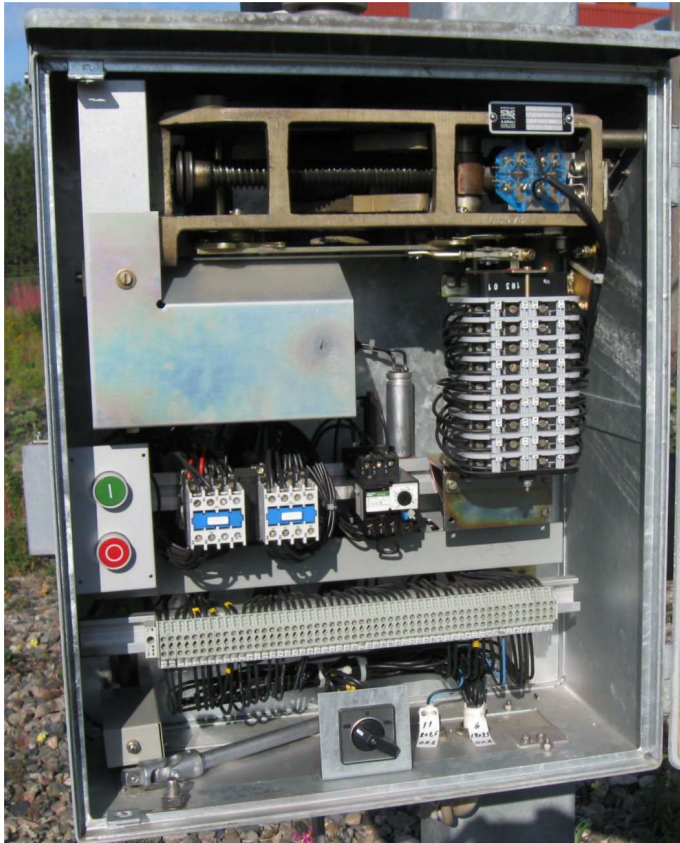
Limingantullin sähköaseman sijaitsee Limingantullin kaupunginosassa ja liittyy 110 kV:n eteläiseen renkaaseen. Maakaapelisyöttö tulee Vanhatullin sähköasemalta kentälle A6 ja Oulunsuun sähköasemalta ilmajohtona kentälle A5. Limingantullin sähköasemalla on kaksi päämuuntajaa PM1 ja PM2. Kentällä A2 on kiskokatkaisija, jota ohjataan ohjaustaulusta OT1, ohjaustaululla OT2 ohjataan kenttää A3, josta menee syöttö päämuuntajalle PM1 ja kenttää A4, josta menee syöttö päämuuntajalle PM2. Ohjaustaulusta OT3 ohjataan kenttiä A5 ja A6. Ohjaustaulu OT4 sisältää distanssireleet ja ohjaustaulu OT5 SACO hälytyskeskuksen sekä 110 kV:n erottimien lukituksen. Ohjaukset ohjaustauluista tapahtuvat painikkeita painamalla.

Kentillä A2, A3, A5 ja A6 on käytössä katkaisijanohjaimena ASEA BLK202. Kentältä paikallisesti ohjattaessa auki/lähi/kauko - kytkimestä valitaan lähi-asento, jonka jälkeen auki/kiinni -ohjaus suoritetaan painiketta painamalla. Hätäseis-painike sijaitsee ohjainkotelon sivussa, jolloin painiketta painamalla voidaan katkaisija avata nopeasti hätätilanteessa. Kentällä A4 on käytössä ABB:n BLK222 -ohjain, joka on vastaava kuin Kiimingissä, mutta kytkimet sijaitsevat ohjainkotelon oikeassa laidassa.

Ennen kuin erottimia voidaan ohjata täytyy erottimien lukitus vapauttaa ohjaustaulusta OT5. Erottimien A4Q1, A4Q3, A4Q4 ja A4Q9 ohjain on Hapam MT, joka on myös käytössä Hakomäen sähköasemalla. Erottimilla A2Q1, A2Q2, A3Q1, A3Q3, A3Q4, A5Q1, A5Q3, A5Q4, A6Q1, A6Q3 ja A6Q4 on käytössä Sprecher+Schuh GMF-ohjain



(kuva 9). Erotinta ohjataan kuten muitakin erottimia valitsemalla ensin valintakytkimestä paikallis-asento, jonka jälkeen painikkeita painamalla erotin voidaan avata tai sulkea. Mekaanisesti avattaessa valintakytkimestä valintaan käsi-asento, jonka jälkeen kaapin sisältä löytyvällä kammella voidaan erotin avata käsin asettamalla kampi ohjauskotelon oikeassa laidassa olevaan reikään. Tämän jälkeen kampia pyörittämällä voidaan kammella avata tai sulkea erotin. Ohjainkaapin sisällä olevasta asennonosoittimesta voidaan nähdä erottimen asento.



Kuva 9 Sprecher+Schuh GMF erottimen ohjain

Sprecher+Schuh erottimen ohjain (kuva 10) on taasen käytössä erottimilla A2Q91, A2Q92, A5Q9 ja A6Q9 ja tätä erotinta ohjataan ainoastaan käsin. Ennen ohjausta täytyy poistaa lukitussokka, jonka jälkeen erotin voidaan ohjata auki tai kiinni painamalla ohjaimen sivussa olevaa painiketta ja samanaikaisesti kääntämällä vipua.



Kuva 10 Sprecher+Schuh GHF maadoituserottimen ohjain

Kj-kojeistona Limingantullin sähköasemalla on ASEA Safesix 10 kV:n kojeisto, samanlainen kojeisto on myös käytössä Vanhatullin sähköasemalla ja Posan sähköasemalla 20 kV:n versiona. Johtolähtökatkaisijana on ASEA:n HPA SF<sub>6</sub>-katkaisija ja katkaisijaa voidaan ohjata paikallisesti kennon ohjauspaneelissa olevista painikkeista. Hätätilanteessa voidaan katkaisijan avaus suorittaa nopeimmin painamalla hätäseis-painiketta. Katkaisijavaunun siirto erotusasentoon tapahtuu valitsemalla valitsija-kytkimellä siirto-asento, jonka jälkeen vaunu siirretään erotusasentoon kampia vastapäivään pyörittäen, kunnes asennonosoittimessa lukee Erot. Ennen johtolähdön maadoitusta on johtolähdön jännitteettömyys tarkastettava jännitteenkoettimella, kaapelipäätteet sijaitsevat kennon alaosassa ja katkaisijavaunun oltava erotusasennossa. Tämän jälkeen voidaan aloittaa johtolähdön maadoitustoimenpiteet valitsemalla valitsija-kytkimellä koetus/maadoitus-asento, painamalla punaista lukitusvipua ja asettamalla kampi reikään, jonka jälkeen kampia vastapäivään kääntämällä maadoituserotin suljetaan. Merkiksi sulkeutumisesta asennonosoittimeen ilmestyy maadoitusmerkki.

## 5.6 Merikoski

Merikosken sähköasema sijaitsee Merikosken voimalaitoksen alueella, ollen samalla pohjoisen ja eteläisen 110kV alueverkon yhtymäkohta. Tästä johtuen kytkinkentällä on kolme 110 kV:n johtolähtöä, Toppila kenttä A1, Vanhatulli kenttä A7 ja Leväsuo kenttä

A2, Leväsuon linjasta haarautuu myös Yläsiirtolan sähköaseman syöttö. Lukitusjännitteiden vapautus tapahtuu OESJ:n käyttökeskuksesta käsin, sähköasemalla ei ole myöskään mahdollista ohjata katkaisijoita auki muualta kuin paikallisesti kytkinkentällä olevista katkaisijoiden ohjainkaapeista, mutta katkaisijat A1a0, A2a0 ja A7Q0 voidaan ohjata kiinni VM07 ohjaustaulusta tahdistuksentralvojan avulla. Kaikkien katkaisijoiden ohjaimina on ASEA BLK202 eli samanlainen kuin esimerkiksi Limingantullin sähköasemalla. Ulkokentällä on käytössä kaksikiskojärjestelmä, jossa kenttien A3 ja A4 välissä on molemmissa kiskoissa pitkäiserottimet Q61 ja Q62, lisäksi muuntaja- ja johtolähtökentissä on ohituserottimet.

Voimalaitoksesta johtuen samassa tilassa sähköaseman kj-kojeiston kanssa on myös generaattorikojeistot kolmikiskojärjestelmiseen. Normaalkäyttötilanteessa yksi generaattori syöttää kerrallaan yhtä kiskostoa. Generaattorin syöttö tulee ensimmäiseksi katkaisijalle, jonka jälkeen se haarautuu kolmen paineilmakäyttöisen erottimen kautta johonkin kolmesta generaattorikiskostosta. Vastaavanlaisella kytkennällä generaattorikiskostoon liittyvät voimalaitoksen blokkimuuntaja PM3. Blokkimuuntajan ollessa poissa käytöstä, sähköaseman 110/10 kV muuntaja PM4 tai PM5 voidaan kytkeä korvaamaan blokkimuuntaja PM3. Poikkeustilanteessa, blokkimuuntajan ollessa poissa käytöstä ja samanaikaisesti Oulujoen virtauksen ollessa suuri, yksi tai useampi generaattori voidaan kytkeä syöttämään suoraan sähköaseman jakokojeistoa. Kennoissa GK2Q1 ja GK2Q5 sekä GK4Q1 ja GK4Q2 suoritettavilla kytkennöillä voidaan siirtää päämuuntaja ja generaattori mille tahansa kiskolle ilman käytön keskeytystä. (Moisiomäki 27.6.2013, sähköpostiviesti)

Generaattorikojeiston katkaisijoita ja erottimia ohjataan kennon ovelle olevilla painikkeilla, ohjattaessa paineilmaerottimia paikallisesti sähköinen lukitus täytyy poistaa käyttökeskuksen toimesta. Mikäli sähköinen lukituksen poisto ei toimi, lukitus voidaan poistaa mekaanisesti kääntämällä avaimella lukituksen poisto -vipua ja samanaikaisesti painamalla painiketta. Katkaisija sijaitsee kennon takapuolella ja katkaisijan etupaneelista on myös mahdollista ohjata katkaisijaa ohjauspainikkeilla.

Sähköaseman kj-kojeiston katkaisijoita ohjataan kennon yläosassa olevalla ohjauskuittaus-kytkimillä ja erottimien ohjaus tapahtuu painamalla painikkeita. Katkaisija voidaan avata ja sulkea myös katkaisijan etupaneelissa olevista painikkeista. Maadoituserottimen Q9 ohjaus toimii ainoastaan käsin ohjaamalla. Ohjaus suoritetaan

painamalla lukitusvipu alas ja samanaikaisesti kammella kääntämällä maadoituserotin auki tai kiinni. Ennen maadoituserottimen käyttöä on luonnollisesti tarkastettava johtolähdön jännitteettömyys jännitteenkoettimella, joka suoritetaan kennon taka-puolelta avaamalla kennon ovi.

## 5.7 Oulunsuu

Oulunsuun sähköasemalla on kolme 110 kV:n liityntää, joista kaksi on eteläisen rengasverkon liityntöjä ja yksi Kaakkurin sähköaseman syöttö. Lisäksi tällä asemalla on kolme päämuuntajaa, joista PM3 on varattu Yliopistollisen sairaalan 20 kV:n syöttöä varten. Ohjaustaulusta OT1 ohjataan kiskokatkaisijaa kentällä A1, päämuuntajan PM1 katkaisijaa kentällä A2 ja päämuuntajan PM2 katkaisijaa kentällä A3. Ohjaustaulusta OT2 ohjataan päämuuntajan PM3 katkaisijaa kentällä A4, Leväsuon 110 kV lähdön katkaisijaa kentällä A5 ja Limingantullin 110 kV lähdön katkaisijaa kentällä A6. Kaakkurin lähdön kenttää A0 ohjataan ohjaustaulusta OT5. Ohjaustauluissa OT1 ja OT2 sijaisevat edellämainittujen kenttien katkaisijoiden ohjauskuittauskytkinten ja erottimien asennonosoittimien lisäksi asianomaisten kenttien mittaukset sekä päämuuntajien käämikytkimien ohjauspainikkeet ja käämikytkimien asennonosoitukset. Erottimien lukitusten vapautuskytkimet sijaitsevat ohjaustaulussa OT3, lukitusten vapautus tapahtuu erikseen 110 kV:n ja 20 kV:n erottimille. Ulkokentällä on käytössä ASEA BLK202 ohjaimet katkaisijoille, paitsi kentällä A0 on käytössä Siemens 3AP1FG katkaisijan ohjain.

Erottimien 110 kV lukitus on vapautettava ohjaustaulusta OT3, jonka jälkeen erottimia voidaan ohjata. Erottimien ohjaimina on käytössä kentällä A0 Hapam MT ja muilla kentillä Strömberg OJY.

Kj-kojeistossa on käytössä Sprecher Energie HPTW506 katkaisija (kuva 11) paitsi pitkittäiskatkaisijoissa B19, B20 ja OYKS H2. Kennoissa B19 ja B20 on käytössä SF<sub>6</sub> -katkaisija, jota ohjataan paikallisesti kennon B20 ylälaidassa olevilla painikkeilla. Ennenkuin katkaisijoita voidaan siirtää erotusasentoon, täytyy 20 kV erottimien lukitus vapauttaa ohjaustaulusta OT3. Kennoissa B19, B20 ja OYKS H2 olevien katkaisijoiden erotusasentoon siirto ja kennon OYKS H1 ja H2 maadoitus on käsitelty Limingantullin sähköasemaa koskevassa luvussa. Yliopistollisen sairaalan lähdön kojeisto H1 ja H2 on

ASEA Safesix -tyyppiä ja on siten käytöltään ja ohjauksiltaan samanlainen kuin Limingatullin sähköasemalla oleva 10 kV:n kojeisto. Kennoon H1 tulee syöttö päämuuntajalta PM3 ja kennossa on maadoituserotin H1Q9 muuntajan 20 kV syötölle. Kennosta H2 on 20 kV johtolähtö yliopistolliseen sairaalaan ja tässä kennossa on johtolähdön maadoituserotin H2Q9.



Kuva 11 Sprecher Energie -katkaisija

Kennoja, joissa on Sprecher Energie -katkaisija, ohjataan kennon yläosassa olevista ohjauskuittauskytkimistä ja erottimien asennonosoittimet sijaitsevat kytkimien vieressä. Katkaisijavaunun siirto erotusasentoon tapahtuu avaamalla kennon ovi, jonka jälkeen lukitusvipua vedetään oikealla kädellä ja vasemmalla kädellä painetaan siirtovipua alaspäin, jolloin katkaisijavaunu liikkuu erotusasentoon.

Johtolähtöjen maadoitus tapahtuu alakerrassa olevista kennoista. Ennen maadoituserottimien käyttöä täytyy tarkastaa johtolähdön jännitteettömyys kokeilemalla jännitteenkoettimella, että johtolähtö on jännitteetön sekä varmistettava, että molemmat

katkaisijat ovat erotusasennossa. Tämän jälkeen voidaan erottimien ohjauslukitus vapauttaa ohjaustaulusta OT3, jonka jälkeen voidaan maadoitustoimet suorittaa.

## 5.8 Pateniemi

Pateniemen sähköaseman 110 kV:n kytkinkentällä on käytössä pääkisko-apukiskokiskojärjestelmä, jossa kiskot on yhdistetty toisiinsa kentällä A6 sijaitsevan katkaisijan Q2 sekä erottimien Q1 ja Q4 välityksellä. Syöttö Kuivasjärven suunnasta tulee kentälle A7 ja Toppilan suunnasta kentälle A3, joissa syöttö tulee erottimen Q3, katkaisijan Q2 ja erottimen Q1 kautta pääkiskolle sekä erottimen Q4 kautta apukiskolle. Sähköaseman päämuuntajat PM1 ja PM2 saavat syötön kenttien A4 ja A5 kautta ja molemmilla kentillä on katkaisija Q0, pääkiskoerotin Q1, johtoerotin Q3 sekä apukiskoerotin Q4. Kenttiä A3 ja A4 ohjataan ensisijaisesti ohjaustaulusta OT2, kenttiä A5 ja A6 ohjaustaulusta OT3 ja kenttää A7 ohjaustaulusta OT4. Katkaisijoiden ohjaukset ohjaustauluista OT2 ja OT4 tapahtuvat ohjauskuittauskytkinten välityksellä ja erottimia voidaan ohjata ainoastaan kytkinkentältä mekaanisesti. Ohjaustaulusta OT3 voidaan suorittaa kentän A5 katkaisijoiden ja erottimien ohjaukset painikkeita painamalla, mutta kentältä A6 voidaan ohjata ainoastaan katkaisijaa Q2 ohjauskuittauskytkimen välityksellä. Erottimien Q1 ja Q2 ohjaukset tapahtuvat käsin kytkinkentältä.

Kj-kojeistossa on käytössä Strömberg OSAN katkaisijat. Katkaisijan ohjaus paikallisesti tapahtuu ainoastaan katkaisijan etupaneelissa olevilla painikkeilla. Katkaisijan ja erottimien asennonosoittimet sijaitsevat kennon yläosassa, samoin kuin maadoituserottimen merkkivalo. Katkaisijan OSAN siirto erotusasentoon tapahtuu samoin kuin Kiimingin sähköasemalla käytössä olevan OSAM katkaisijan. Kennot B17, B18, B25 ja B26 tekevät poikkeuksen, sillä niissä on käytössä AEG VAA -katkaisija, jota ohjataan ensisijaisesti kennon ylälaidassa olevilla painikkeilla. Ohjaukset voidaan suorittaa myös avaamalla kennon ovi, jonka jälkeen katkaisijan etupaneelissa olevista painikkeista voidaan katkaisija avata tai sulkea. Katkaisijan siirto erotusasentoon tapahtuu kääntämällä lukitusvipua, jonka jälkeen kampi voidaan asettaa sille varattuun reikään ja kampea kääntämällä siirtää katkaisija erotusasentoon ja tällöin suoritettavaa toimenpidettä varten ei kennon ovea tarvitse avata. Johtolähtöjen maadoitus tapahtuu alakerrassa sijaitsevilla maadoituserottimilla kääntämällä kammella erotinta. Ennen tätä

on varmistettava, että katkaisija on auki ja siirretty erotusasentoon sekä johtolähtön jännitteettömyys on todettu.

## 5.9 Posa

Posan sähköasema sijaitsee Ruskon kaupunginosassa noin 100 metrin päässä Fingridin Leväsuon sähköasemalta. Leväsuon suunnasta 110 kV verkon liityntä tapahtuu kentällä A01 olevan erottimen Q3 kautta putkijohtokiskoon, jossa kiskoerottimen W1.Q6 kautta verkko jatkuu erottimen A4Q3 kautta Kuivasjärven sähköasemalle.

Sähköasemalla on kaksi päämuuntajaa PT01 ja PT02, PT01 on liitetty sähköverkkoon kentän A02 ja PT02 kentän A03 kautta. Kiskoerottimen W1.Q6 avaamisen jälkeen (erotinta saa ohjata vain virrattomana) PT01 saa syötön Leväsuon suunnasta ja PT02 Kuivasjärven suunnasta. Kentän A02 ohjaukset tapahtuvat ohjaustaulusta OT3 ja kenttien A01, A03 ja A04 ohjaustaulusta OT4. Ohjaustaulussa OT3 ohjaukset tapahtuvat painonappien välityksellä ja ohjaustaulussa OT4 ohjauskuittaus-kytkimillä. Erottimia A02Q9, W1Q91 ja W1Q92 voidaan ohjata ainoastaan kytkinkentältä käsin, ennen käsinohjausta lukitus on vapautettava ohjaustaulusta OT4. Kentillä A02 ja A03 on yksi katkaisija Q0, erotin Q1 ja maadoituserotin Q9, kenttää A02 ohjataan ensisijaisesti ohjaustaulujen kautta ja kentän A03 erottimia ohjataan ensisijaisesti käyttökeskuksesta, mutta myös sähköinen ja käsinohjaus ohjainkaapeista on mahdollista.

Kj-kojeistona on käytössä ASEA Safesix 20 kV:n kojeisto, minkä kojeiston ohjaukset on käsitelty aiemmin Limingantullin sähköasemaa koskevassa kappaleessa 5.5.

## 5.10 Toppila

Toppilan sähköasema sijaitsee Toppilan voimalaitoksen alueella, mistä johtuen sähköasemalla ja voimalaitoksella on yhteinen 110 kV:n kytkinkenttä. Sähköasema liittyy 110 kV:n verkkoon kentällä AE05 sijaitsevien erottimien AE05Q1, AE05Q3 ja apukiskoerottimen AE05Q4 sekä katkaisijan AE05Q0 kautta. Ensijaisesti erottimia ja katkaisijaa ohjataan käyttökeskuksesta. Laitteita voi ohjata myös ohjaustaulussa OT1

sijaisevasta ABB RET543 suojareleestä käsin, myös kytkinkentällä sijaitsevista ohjainkaapeista voidaan suorittaa ohjaustoimenpiteitä. Tällöin lukitusjännite vapautetaan käyttökeskuksesta käsin, sillä Toppilan sähköasemalla ei ole mahdollisuutta vapauttaa lukitusta paikallisesti. Ohjattaessa katkaisijaa ja erottimia täytyy ensimmäiseksi valita paikallisasento paikallis/0/kauko-kytkimestä, jonka jälkeen voidaan suorittaa ohjaustoimenpiteet painamalla painiketta. Erottimien mekaaninen ohjaus tapahtuu kammella pyörittäen. Erotinta AE05Q1 ohjattaessa täytyy muistaa painaa käsiohjauksen lukitus-painiketta ja samanaikaisesti kampia kääntämällä avata erotin. Ennenkuin erottimia voidaan ohjata mekaanisesti, täytyy valita 0-asento paikallis/0/kauko-kytkimestä.

Kj-kojeisto on samanlainen kuin Hakomäen sähkösemalla ainoastaan sillä poikkeuksella, että kiskojännitteenä on 10 kV. Ohjaustoimenpiteet tapahtuvat täsmälleen samalla tavalla kuin Hakomäen sähköasemalla.

### 5.11 Vanhatulli

Vanhatullin sähköasema on sijainnista johtuen 110 kV GIS-laitos, jonka on valmistanut AEG. Asemalla on kaksi 25 MVA:n päämuuntajaa PM1 ja PM2, jotka sijaitsevat ulkona suojabunkkerissa. Ohjaus 110 kV kojeistolle tapahtuu paikallisesti ainoastaan ohjaustauluista käsin, ensisijaisesti katkaisijoista ohjataan valvomossa sijaitsevista ohjaustauluista OT1, OT2, OT3 ja OT4. Päämuuntajan PM1 kenttää A1 ja 10 kV katkaisijoita A2Q0 ja B2Q0 ohjataan ohjaustaulusta OT1, myös päämuuntajan PM1 käämikytken ohjaus sijaitsee ohjaustaulussa OT1. Päämuuntajan PM2 kenttää A5, käämikytöntä ja 10kV katkaisijoita A19Q0 ja B19Q0 ohjataan ohjaustaulusta OT3. Merikosken ja Limingantullin maakaapelihohtolähtöjä ohjataan ohjaustaulusta OT2.

Ensisijaisesti 110 kV katkaisijoita ohjataan käyttökeskuksesta, mutta katkaisijoita voidaan ohjata myös sähköaseman valvomossa sijaitsevista ohjaustauluista, kun taas 110 kV erottimia voidaan ohjata ainoastaan 110 kV:n hallissa olevista ohjaustauluista. Ennen katkaisijoiden ohjausta täytyy valvomon ja 110 kV hallin välinen ovi olla suljettuna. Katkaisijoiden ohjaus tapahtuu kääntämällä ohjaustaulussa olevaa ohjauskuittauskytkintä käsin. Erottimien ohjaus tapahtuu vapauttamalla ohjauslukitus valvomon ohjaustaulusta asianomaisen kentän kohdalta kääntämällä avaimella kytkin



asentoon 1. Tämän jälkeen voidaan erottimia ohjata 110 kV:n hallissa olevista kenttäkohtaisista ohjaustauluista käsin painamalla painikkeita ohjattavan erottimen kohdalta. Ohjattaessa 110 kV hallista käsin, täytyy ehdottomasti käyttää kuulosuojaimia, sillä paineilmaikäyttöisestä kojeistosta aiheutuu kuuloa vaurioittava melutaso. Vanhatullissa on käytössä samanlainen kj-kojeisto kuin Limingantullin sähköasemalla ja katkaisijaa ohjataan vastaavalla tavalla.

## 5.12 Yläsiirtola

Yläsiirtolan sähköasema on pieni yhden päämuuntajan asema ja se sijaitsee Välivainion kaupunginosassa liittyen 110 kV:n Merikoski-Leväsuo -linjaan. Katkaisijana 110 kV:n kentällä A1Q0 on ABB:n BLK222 -ohjain, joka on vastaava kuin Kiimingissä. Katkaisijaa ohjataan ensisijaisesti ohjaustaulussa OT2 olevasta ohjauskuittauskytkimestä käsin ja kentältä sijaisevasta ohjauskaapista tapahtuu samoin kuin Kiimingin sähköasemalla. Erottimena on käsikäyttöinen Strömberg OJY, jota ohjattaessa täytyy lukitus vapauttaa ohjaustaulusta OT1 ja sen jälkeen vedetään erottimessa oleva lukitusvipu ulos, jonka jälkeen erotin on valmis ohjattavaksi kampia apuna käyttäen.

Kj-kojeiston 20 kV:n katkaisijat ovat samanlaiset Strömberg OSAN kuin Pateniemen sähköasemalla poikkeuksena, että katkaisijan ohjaus paikallisesti tapahtuu ainoastaan katkaisijan etupaneelissa olevilla painikkeilla. Erottimien Q3, Q4 ja Q9 asennonosoittimet sijaitsevat katkaisijakennon ylälaidassa, mutta itse erottimien ohjaus tapahtuu yläkerrassa sijaitsevista kennoista. Ennen erottimien ohjausta on lukitus vapautettava ohjaustaulusta OT1.

Ylä-Siirtolan sähköaseman 20 kV:n kojeisto tullaan uusimaan vuoden 2013 aikana.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö on tehty Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle. Vaikka tilapäisesti työskentelevä henkilö on tutustunut sähköasemiin sekä siellä tehtäviin käyttötoimenpiteisiin, niin opinnäytetyön tekemisen yhteydessä on kiinnitetty huomiota myös sellaisiin asioihin, joita normaalisti töitä tehdessä ei olisi edes ajatellut.

Opinnäytetyön keskeisin asia oli tehdä käyttötoimenpideohjeet Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sähköasemille. Lisäksi opinnäytetyö sisältää teoriaa sähköasemista ja siellä käytössä olevista komponenteista. Ohjeet on tehty kaikkiaan 12 sähköasemalle, yhteensä 254 sivua, joten työmäärä on ollut aika mittava. Ohjeet on tarkoitettu Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n sisäiseen käyttöön, mistä syystä työn liitteenä ei voida julkaista käyttötoimenpideohjeita siinä muodossa kuin ne ovat Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:lle toimitettu. Luvussa 5 on esitetty tekstimuodossa keskeisimmät asiat, mitä ohjeet sisältävät. Toimitetuissa ohjeissa asiat on havainnollistettu valokuvin ja opastavin tekstein. Ohjeissa käytetyt valokuvat on otettu pääosin kesällä 2012 ja täydennetty talven 2012-2013 aikana.

Ohjeiden tekeminen on ollut haastava ja aikaa vievä prosessi. Ohjeita on tarkastettu moneen kertaan myös OESJ:n henkilökunnan toimesta ja tarkastusten jälkeen on korjattu huomautetut virheet ja lisätty puuttuvat kohdat. Aikaa tähän on kulunut huomattavasti kauemmin kuin alkuperäisessä aikataulussa oli suunniteltu. Teoriaosassa on keskitytty käyttötoimenpiteiden kannalta oleellisimpiin asioihin, jotta teoriaosa ei olisi paisunut liian laajaksi.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut haastava, mutta antoisa kokemus. Tarvittavaa tukea ja ohjausta on ollut koko ajan saatavilla ja yhteistyö eri tahojen kanssa on toiminut hyvin. Käyttötoimenpideohjeiden ylläpito ja päivitys tapahtuu jatkossa Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n henkilökunnan toimesta sähköasemien ja sähköverkon muutoksien yhteydessä.

## LÄHTEET

- ABB 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1993. Sähkölaitostekniikka. Porvoo: Wsoy.
- Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot 2. Tallinna: Otatieto.
- Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö 1990. Sähkölaitostekniikan perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy
- Energiateollisuus ry 2009. Suurjännitelaitteistojen sähkötyöturvallisuus, Rauma: Kirjapaino Laine Direct Oy
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 17.12.1999/1194
- Moisiomäki, Tapani, siirtoverkkomestari, Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy.  
Re: Merikosken generaattorikojeisto. Sähköpostiviesti juha.martikainen@edu.tokem.fi  
27.6.2013
- Mörsky, Jorma 1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto
- Normega\_esite\_6\_2009\_web. Hakupäivä 29.05.2013  
<www.norelco.fi/UserFiles/LiiteTiedostot/22102009014659-Normega\_esite\_6\_2009\_web.pdf>
- Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy, Lehto Matti 2011, KytKentäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttötöissä
- Oulun Energia <www.oulunenergia.fi> Hakupäivä 6.4.2013
- SFS600 käsikirja, 2007. Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus, Helsinki
- SFS6002. Sähkötyöturvallisuus, Helsinki
- Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410
- Tuomaala, Tarja 2009. Vanhatullin sähköaseman 10kV:n suojaereistuksen uusimisen tarkastelu. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu tekniikka, Kemi.
- Tuomaala, Tarja, käyttövastaava, Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy. Re: Apuja kaivataan opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti juha.martikainen@edu.tokem.fi  
26.3.2013

**LIITTEET**

Liite 1. KytKentäohjelma

Liite 2. KytKentäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttöissä

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy

Kytkenäohjelma

NRO 11107

Mistä  
KäyttöosastoPäiväys  
26.3.2013 8:35:59

Sivu 1 (3)

Jakelu toimenpiteitä varten	<b>Huomautukset</b>
Tiedoksi	Versio 11
	Suunnittelija T. Tuomaala
	Tarkastaja MTER
	Kytkenäjohtaja Käyttökeskus

**Nimi ja laji**

OYS palautus varasyötöstä

SX: KJ-verkon suunniteltu työ, ei jakelun keskeytystä

**Kytkenäalue****Keskeytysaika**

20. maaliskuuta 2013 15:00:00

**Vahvistus****Yleistä**

OYS palautetaan normaalisyötölle viankorjauksen jälkeen.

**Puhelinnumerot**

	Puhelin	GSM	Radio	Fax
Pasi OEU				
Jukka OEU				
Käyttökeskus OESJ				

**Työt**

Laajuus	
Työskentelyaika	-
Työnjohtaja	Jukka OEU
Laajuus	
Työskentelyaika	-
Kytkenäjohtaja	Käyttökeskus OESJ

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy

KytKentäohjelma

NRO 11107

Mistä  
KäyttöosastoPäiväys  
26.3.2013 8:36:02

Sivu 2 (3)

Laajuus

Työskentelyaika

Työryhmän jäsen

Pasi OEU

## Esivaatimukset

Toteutus Aika Nimikirjaimet	Nro	KytKijä	Toimenpiteet	Osoite
	1	Käyttökeskus	POISTA Käyttökielto työ Y103-OLS väli maadoitettu kaapelivian korjauksen vuoksi. Vika Pikkukankaan lähdössä. 19.3.2013 TT	
	2	Työryhmä	AVAA OLS_H.2Q9 Maadoituserotin auki.	
	3	Työryhmä	Remark Eristysvastusmittaus Eristysvastusmittaus mittausohjeen mukaisesti.	
	4	Työryhmä	SULJE OLS_H.2Q1 Vaunu yhdistysasentoon.	OYS
	5	Käyttökeskus	KIINNIOHJAA OLS_H.2Q0 Huom! ennen ohjausta yhteys OYS:iin. Kaapeli jännitteinen.	OYS
	6	Käyttökeskus	Remark RengaskytKentä PLS_PM3_OYS ja OLS_PM1_B13 Svaaninpuisto renkaaseen.	
	7	Paikalliskytkijä	Remark Erotin kiinni kenno 12 OYS pääkytkinlaitos. Oys kytkee.	
	8	Käyttökeskus	POISTA Käyttökielto työ Y103-OLS väli maadoitettu kaapelivian korjauksen vuoksi. Vika Pikkukankaan lähdössä. 19.3.2013 TT	
	9	Paikalliskytkijä	SULJE MY103_12 Lähdöt renkaassa. OYS kytkee.	
	10	Paikalliskytkijä	AVAA MY103_14 Lähdöt erilleen. OYS kytkee.	
	11	Käyttökeskus	Remark Muuntajat automaatile OLS_PM3 ja OLS_PM1 automaatile.	
	12	Paikalliskytkijä	Remark Erotin auki kenno 14 OYS pääkytkinlaitos. Oys kytkee.	
	13	Käyttökeskus	Remark Ilmoita Toppila Ilmoita Toppila/vuoromestari: Sähkökattila estot voi poistaa.	

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy

Kytchentäohjelma

NRO 11107

Mistä  
KäyttöosastoPäiväys  
26.3.2013 8:36:02

Sivu 3 (3)

Toteutus Aika Nimikirjaimet	Nro	Kytettä	Toimenpiteet	Osoite
	14	Käyttökäkus	POISTA Käyttökäkelto työ Huom! Sähkökattila käyttökiellossa, OYS varasyötön perässä (Svaaninpuisto)	OYS:n lämpökäkus

Oulun Energia\ Siirto ja Jakelu Oy

OULUN ENERGIA  
Siirto ja Jakelu Oy  
Lehto

KytKentäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttötoissa  
korvaa 30.11.2010 ohjeen

1 (4)

## TOIMINTAOHJE JAKELUVERKON KYTKENTÄSUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖTOIHIN

### 1. KYTKENTÄOHJELMA

KytKentäsuunnittelu tehdään käytönjohtajan ohjeistuksen ja sähkötyöturvallisuusmääräysten mukaisesti.

- Kaikista yli 1000 V:n kytKentätöistä tehdään kirjallinen kytKentäohjelma lukuun ottamatta vika- ja hätäkytKentöjä.
- Ennen kytKentäohjelman tilaamista on muuttuva verkonosa oltava dokumentoitu verkonhaltijan verkkotietojärjestelmään.
- Keskeytystarve tilataan 5 työpäivää ennen keskeytystä ja tilauksesta on käytävä ilmi työn tarkoitus, haluttu ajankohta, keskeytysalueen laajuus ja haluttu kytKentäjärjestys. Muut kytKentätarpeet on tilattava 3 työpäivää ennen kytKentätarvetta. Tilauksiin tulee liittää mukaan työnumero.
- KytKentä- tai keskeytystilauksen ajankohdan päättää verkonhaltija
- Keskeytyksistä tehdään ennakkoilmoitukset asiakkaille verkonhaltijan toimesta. Erikseen sovittaessa keskeytyksestä voi sidosryhmien kanssa sopia myös keskeytyksen tarvitsija ja ilmoitukset voidaan tehdä paikallisilmoituksin käyttäen verkonhaltija keskeytysilmoitusmallia.
- Verkonhaltija hyväksyy kytKentätarpeen kytKentäpäätökseksi, tekee kytKentäohjelman yhteistyössä kytKennän tilaajan kanssa ja kytKentäohjelma toimitetaan paikalliskytkijöille tarkastettuna muun asiantuntevan henkilön, kuin kytKentäohjelman laatijan toimesta.
- KytKentäohjelmassa olevien kytkimien ja kojeistojen merkintöjen tulee olla yksiselitteiset ja yhdenmukaiset käytönvalvonta (SCADA) – ja käytöntukijärjestelmän (DMS), kojeistojen, sähköasemien ja kytkimien kesken.
- KytKentäohjelmassa on oltava nimettynä kytKennänjohtaja, työstä vastaava henkilö ja työturvallisuudesta vastaava henkilö yhteystietoineen
- KytKentäohjelmassa on huomioitava riittävä kytkinten kuormanohjauskyky ja päätyömaadoituspaikat - ja tavat. Maadoitukset tehdään aina ensisijaisesti käyttäen maadoituskytkimiä. Päätyömaadoitusten on oltava oikosulkukestoiset.
- KytKentäohjelmasta on käytävä selkeästi ilmi rengaskytKennät, muuntajien käämikytkimien ohjaukset käsiasennolle ja jännitteiden tasaukset.
- KytKentäohjelmaan merkitään tarvittavat turvatoimet, koestukset, päätyömaadoitukset, kieltokyltit ja niiden sijainnit, sekä työn aloituslupa, sekä käyttöönottolupa. Työn aloituslupan antaa kytKennänjohtaja ja työn aloituslupan jälkeen päätoteuttaja vastaa työstä ja työturvallisuudesta antaen työn valmistuttua kytKennänjohtajalle käyttöönottoluvan lisätyömaadoitusten purkamisen jälkeen.
- KytKentäohjelmassa tulee ilmetä tarvittavat mittaukset ja niitä varten tarvittavat päätyömaadoitusten purkutytöt.



OULUN ENERGIA      Kytkenäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttöissä      2 (4)  
Siirto ja Jakelu Oy      korvaa 30.11.2010 ohjeen  
Lehto

- Jännitetöistä tehdään aina kirjallinen kytkentäohjelma ja päätoteuttaja täyttää jännitetyöpöytäkirjan ja toimittaa sen kytkennänjohtajalle.
- Jännitetöissä kytkentäohjelmassa on ilmentävä tarvittavat suojaruleistyksen hermistämiset ja jälleenkytkentöjen poistot palautuksineen.

OULUN ENERGIA Kytkentäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttötoissa  
Siirto ja Jakelu Oy korvaa 30.11.2010 ohjeen  
Lehto

3 (4)

## 2. KYTKENTÖJEN TOTEUTUS

Kytkenäjohtajana toimii verkonhaltijan käyttökeskus käytönjohtajan ohjeistuksen mukaan. Kytkennät tehdään sähkötyöturvallisuusmääräysten mukaisesti noudattaen käytönjohtajan ohjeita ja yksintyöskentelyohjetta.

- Paikalliskytkijät tutustuvat ennakkoon kytkentäohjelmaan ja heillä on kytkentäohjelma mukanaan.
- Paikalliskytkijä on velvollinen ilmoittamaan kytkennäjohtajalle välittömästi huomaamansa turvallisuuspuutteet ja keskeyttämään tarvittaessa kytkennät työturvallisuuden tai sähköturvallisuuden ollessa vaarassa.
- Kytkennäjohtaja suorittaa kytkennät reaaliaikaisesti käytöntukijärjestelmällä ja merkitsee päätyömaadoitukset ja kieltokyltit päivämäärineen ja yhteystietoineen.
- Kytkennäjohtaja merkitsee jännitetöissä käytöntukijärjestelmään merkinnät "Jännitetyö käynnissä".
- Paikalliskytkijä suorittaa kytkennät kytkentäohjelman mukaisesti kytkennäjohtajan luvalla.
- Kytkentäohjelmasta voi poiketa vain pakottavasta syystä, kuten laiterikko, hengen tai omaisuuden vaaran havainnointi tai jokin vastaava syy aina vain kytkennäjohtajan luvalla ja ohjauksessa. Muista syistä kytkentäohjelman muutostarve käynnistää SÄTKY- ohjeiden mukaisesti uuden kytkentäsuunnitelun.
- Kytkentätöissä on varmistettava ennen kytkentää kytkinlaitteen kunto ja turvallisuus ja ohjauksen jälkeen kytkinlaitteen kaikinapainen toiminta.
- Erityistä huolellisuutta ennakkotarkasteluun vaativat ilmaeristeiset muovituksivarrelliset erottimet, sekä sauvatyypiset ilmaeristeiset erottimet. SF6- kojeistoissa on ennen kytkentöjä varmistettava riittävä kaasun paine ja ohjausten välissä riittävä aika, jotta kaasun paine ehtii tasaantua.
- Erottimen kaikinapainen toiminta kaikissa muissa, kuin SF6- kojeiston kytkennöissä on varmistettava silmämääräisesti avaten tarvittaessa kojeiston ovet, mikäli katseluluukku ei ole. Vähäöljykatkaisijoilla varustetuissa kojeistoissa on varmistettava riittävä öljyn määrä ja huomioitava että avattaessa ohjataan aina ensin katkaisija ennen erottimen ohjausta ja suljettaessa ensin erottimen ohjaus ja sitten katkaisija.
- Erotuskytkentöjen, lukitusten ja kaikinapaisten koestusten jälkeen paikalliskytkijä kytkee päätyömaadoitukset kytkentäohjelman mukaisesti ja kytkennäjohtaja antaa työn aloitusluvan. Paikalliskytkijä tekee tarvittavat lisätyömaadoitukset ja työn valmistuttua antaa käyttöönottoluvan kytkennäjohtajalle.
- Päätyömaadoitukset poistetaan kytkennäjohtajan luvalla ja maadoitusten purkamisen jälkeen verkonosa katsotaan jännitteiseksi. Paikalliskytkijä poistaa kieltokyltit maadoitusten purkamisen jälkeen ennen verkonosan käyttöönottoa ja tekee ilmoituksen kytkennäjohtajalle.
- Paikalliskytkijät suorittavat eristysvastusmittaukset ja kohteen jännitteiseksi kytkennän jälkeen tarvittavat vaiheistukset.

OULUN ENERGIA Kytkestäsuunnittelu ja työturvallisuus käyttöissä 4 (4)  
Siirto ja Jakelu Oy korvaa 30.11.2010 ohjeen  
Lehto

- Käyttöönoton jälkeen työn toteuttaja tekee tarvittavat käyttöönottotarkastuksen muut mittaukset.

25.9.2010

Matti Lehto

käyttöpäällikkö